



Facultad de Odontología



*INFLUENCIA DEL PREFLARING EN LA  
DETERMINACION ELECTRÓNICA DE LA  
LONGITUD DE TRABAJO: REVISIÓN  
SISTEMÁTICA Y META-ANÁLISIS*

Trabajo Fin de Grado en Odontología

**MARÍA LEÓN LÓPEZ**

Tutor:

Prof. Juan José Segura Egea

Sevilla, mayo de 2021



FACULTAD DE ODONTOLÓGIA

DR/DRA. Juan José Segura Egea, PROFESOR/A  
Catedrático ADSCRITO AL DEL DEPARTAMENTO DE Estomatología,  
COMO DIRECTOR/A DEL TRABAJO FIN DE GRADO.

**CERTIFICA:** QUE EL PRESENTE TRABAJO TITULADO  
"Influencia del preformado en la determinación electrónico de la longitud  
de trabajo: revisión sistemática y meta-análisis"  
HA SIDO REALIZADO POR Maria León López BAJO MI  
DIRECCIÓN Y CUMPLE A MI JUICIO, TODOS LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA SER PRESENTADO Y  
DEFENDIDO COMO TRABAJO DE FIN DE GRADO.

Y PARA QUE ASI CONSTE Y A LOS EFECTOS OPORTUNOS, FIRMO EL PRESENTE CERTIFICADO,  
EN SEVILLA A DÍA 20 DE Mayo DE 2021.

D/Dr. Juan José Segura Egea  
TUTOR/A



Facultad de Odontología



D/Dña. (Apellidos y Nombre)

León López María

con DNI. 775.58563-K.....alumno/a del Grado en Odontología de la Facultad

de Odontología (Universidad de Sevilla), autor/a del Trabajo Fin de Grado titulado:

Influencia del preflaring en la determinación electrónica de la longitud de trabajo: revisión sistemática y meta-análisis

**DECLARO:**

Que el contenido de mi trabajo, presentado para su evaluación en el Curso 2020-2021....., es original, de elaboración propia, y en su caso, la inclusión de fragmentos de obras ajenas de naturaleza escrita, sonora o audiovisual, así como de carácter plástico o fotográfico figurativo, de obras ya divulgadas, se han realizado a título de cita o para su análisis, comentario o juicio crítico, incorporando e indicando la fuente y el nombre del autor de la obra utilizada (Art. 32 de la Ley 2/2019 por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, BOE núm. 53 de 2 de Marzo de 2019)

**APERCIBIMIENTO:**

Quedo advertido/a de que la inexactitud o falsedad de los datos aportados determinará la calificación de **NO APTO** y que **asumo las consecuencias legales** que pudieran derivarse de dicha actuación.

Sevilla...14...de Mayo.....de 2021...

(Firma del interesado)

Fdo.:

## AGRADECIMIENTOS

Quería agradecer este trabajo a todas las personas que lo han hecho posible:

A mi tutor y mentor, el Dr. Juan José Segura Egea, a quién le quiero dedicar especialmente este proyecto. Gracias por tu eterna confianza y por ayudarme a crecer personal y profesionalmente. Nunca olvidaré todo lo aprendido.

A Jenifer Martín, por mostrarme que realmente existen profesores que aman enseñar, y Daniel Cabanillas, por transmitirme la pasión que ambos sentís por esta profesión y considerarme vuestra compañera.

A todo el equipo de Patología y Terapéutica Dental de la Facultad de Odontología de Sevilla, por brindarme su ayuda ante cualquier adversidad.

A Octavio Díaz, por iniciarme en la Odontología e instruirme durante las tardes de pesca.

A mis amigas y compañeras de facultad, especialmente a Laura Granado, Ana Pérez y Mar López. Gracias por las risas y todos los buenos momentos que, sin duda, echaremos de menos.

A Victoria Montero, como si parte de mi familia fuera, porque sin ella esto no habría pasado. Gracias por evitar que me equivocara. Todo lo que yo soy ahora y seré en un futuro es gracias a ti.

A mis padres, mi abuela, mi hermano, mi pareja, su madre y su hermano, por guiarme y cogerme de la mano cuando el camino se volvía oscuro. Gracias por sentir mis éxitos y fracasos como si fueran vuestros.

A mi madre, María López, especialmente te lo agradezco a ti por no ser una madre “al uso” y ser un pilar fundamental en mi vida. Gracias por salvarme de mí misma.

A todos vosotros os agradezco el cariño y el haberme apoyado durante toda esta trayectoria.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
RESUMEN EN INGLÉS .....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
Longitud de trabajo .....	6
Localizadores electrónicos de ápice.....	7
CBCT .....	8
Preflaring o pre-ensanchamiento coronal .....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....	9
MATERIAL Y MÉTODO.....	10
Estrategia de búsqueda de literatura .....	10
Criterios de inclusión .....	10
Selección de los estudios .....	11
Recopilación de datos/proceso de extracción .....	11
Evaluación de la calidad y riesgo de sesgo de los estudios individuales.....	11
Resultado de interés .....	12
Síntesis de los datos y análisis estadístico .....	12
RESULTADOS .....	13
Selección de los estudios .....	13
Características de los estudios incluidos.....	14
Resultados del metaanálisis primario y sesgo de publicación .....	16
Análisis adicional.....	17
Evaluación de la calidad y riesgo de sesgo .....	18
DISCUSIÓN.....	19
Implicaciones para la práctica y la investigación .....	20
Evaluación de la calidad .....	20
Fortalezas y limitaciones .....	21
Conclusiones y recomendaciones .....	22
BIBLIOGRAFÍA .....	26

## RESUMEN

*Contexto.* Los estudios que analizan los efectos del preflaring en la determinación de la longitud de trabajo (WL) con localizador electrónico de ápice (EAL) han proporcionado resultados contradictorios.

*Objetivo.* Realizar una revisión sistemática y metaanálisis según la siguiente pregunta PICO: ¿en dientes humanos extraídos (P), influye el preflaring coronal del conducto (I), cuando se compara con conductos sin preflaring (C), en la determinación electrónica de la WL con EAL (O)?

*Fuentes de datos.* Se realiza una revisión sistemática incluyendo estudios de laboratorio “ex vivo” según los criterios PRISMA, usando las siguientes fuentes de datos: PubMed, Science Direct, Scopus y Web of Science.

*Criterios de selección de estudios.* Se han incluido los estudios relacionados con la determinación de la longitud de trabajo usando localizador electrónico de ápice en conductos con y sin preflaring hecho. El resultado de interés era la precisión en la determinación de la longitud de trabajo.

*Evaluación de los estudios y síntesis de métodos.* Se ha llevado a cabo una evaluación de la calidad de los estudios incluidos, determinando el riesgo de sesgo. Los metaanálisis se calcularon con el software 5.4 RevMan (Cochrane Collaboration, 2019) usando el método inverso de la varianza con efectos aleatorios para determinar la OR global y su intervalo de confianza del 95%. Se realizó el análisis de subgrupos; por un lado, se agruparon los estudios que utilizaban limas Protaper para el preflaring, y, por otro lado, se agruparon los estudios que utilizaron el localizador Root ZX para la determinación de la longitud de trabajo.

*Resultados.* Diez estudios experimentales cumplieron los criterios de inclusión, incluyendo así 2890 determinaciones electrónicas de longitud de trabajo. La mayoría de los resultados demostraron que el realizar preflaring aumentaba la exactitud de los localizadores en la determinación de la longitud de trabajo. La Odds Ratio global fue de 1.98 (95% CI = 1.65 – 2.37;  $p < 0.00001$ ;  $I^2 = 10\%$ ), indicando que la determinación de WL con EAL en conductos con preflaring casi duplica en precisión al compararse con conductos sin preflaring. La precisión del Root ZX en la determinación de WL (siete

estudios) aumenta más de tres veces (OR = 3.25; 95% CI = 2.13 – 4.97;  $p < 0.00001$ ;  $I^2 = 0\%$ ). Para evaluar la calidad metodológica se ha usado una adaptación de la herramienta SYRCLE's RoB. Siete estudios fueron clasificados como bajo riesgo de sesgo y tres como moderado riesgo de sesgo. De los seis parámetros usados para evaluar el riesgo de sesgo, los diez estudios incluidos reportaron adecuadamente el 85%, indicando un bajo riesgo de sesgo total. No se observó sesgo de publicación evidente.

*Limitaciones.* Seis de los estudios incluidos no contenían el cálculo del tamaño de muestra en su metodología. No se ha buscado en la literatura gris. Las limas usadas para realizar el preflaring, los localizadores de ápice usados y el criterio para determinar la exactitud de la WL electrónica variaron de un estudio a otro.

*Conclusiones e implicaciones clínicas.* Los resultados de los estudios disponibles indican un aumento en la determinación de la WL con EAL tras el preflaring, doblando el porcentaje de medidas precisas. Por lo tanto, el preflaring coronal debe ser recomendado como un paso importante durante el agrandamiento mecánico del conducto, no solo porque mejora el acceso de las limas al conducto, sino también porque permite obtener determinaciones de la WL más exactas.

*Financiación:* esta investigación no ha recibido financiación externa.

*Registración:* PROSPERO 243412. Se incluye en el Anexo 1 el artículo enviado a la revista Journal of Clinical Medicine a la espera de su aceptación.

*Palabras clave:* Preflaring cervical, Localizador electrónico de ápice, Preflaring, Tratamiento de conductos, Longitud de trabajo.

## RESUMEN EN INGLÉS

*Background.* Studies analyzing the effect of coronal preflaring on the accuracy of working length (WL) determination with electronic apex locators (EAL) have provided contradictory results.

*Aim.* To conduct a systematic review and meta-analysis according to the following PICO question: In extracted human permanent teeth (P), does coronal preflaring (I), compared with unflared canals I, influence the accuracy of WL determination with EAL (O)?

*Data sources.* A systematic review of “ex vivo” laboratory studies was conducted, according to the PRISMA checklist, using the following databases: PubMed, Science Direct, Scopus, and Web of Science.

*Study eligibility criteria.* Studies related to WL determination using EAL both in preflared and unflared root canals of extracted human teeth were included. The outcome of interest was the accuracy of the electronic WL determination.

*Study appraisal and synthesis methods.* A quality assessment of included studies was performed, determining the risk of bias. The meta-analyses were calculated with the 5.4 RevMan software (The Cochrane Collaboration, 2019) using the inverse variance method with random effects to determine the pooled OR and its 95% CI. Subgroups analyses were performed, one including the studies using Protaper files for preflaring, and another grouping all studies using the Root ZX for WL determination.

*Results.* Ten experimental studies fulfilled the inclusion criteria, including 2890 electronic determinations of WL. Most of the studies found that preflaring increased the accuracy of the EALs by determining the WL. The calculated overall OR was 1.98 (95% CI = 1.65 – 2.37;  $p < 0.00001$ ;  $I^2 = 10\%$ ), indicating that the determination of WL by EALs was almost twice as accurate in preflared canals compared to unflared canals. The accuracy of Root ZX in WL determination (seven studies) increases more than three times (OR = 3.25; 95% CI = 2.13 – 4.97;  $p < 0.00001$ ;  $I^2 = 0\%$ ). Coronal preflaring with Protaper SX and S1 files (five studies) increases significantly the accuracy of EALs in the termination of WL (OR = 1.76; 95% CI = 1.45 – 2.13;  $p < 0.00001$ ;  $I^2 = 0\%$ ). To assess the methodological quality, an adaptation of the SYRCLE’s RoB tool was used. Seven studies were classified as low risk of bias, and three of moderate risk of bias. Of



the six parameters used to assess risk of bias, the 10 included studies reported adequately 85%, indicating a low total risk of bias. No obvious publication bias was observed.

*Limitations.* Six of the included studies did not contain sample the size calculation in their methodology. Grey literature has not been searched. The files used to perform preflaring, the EALs used and the criteria to determine the accuracy of the electronic WL varied from study to study.

*Conclusions and clinical implications.* The results of the available studies indicate a significant increase in the accuracy of WL determination with EAL after coronal preflaring, doubling the percentage of exact measurements. Therefore, coronal preflaring should be recommended as an important step during mechanical enlargement of the root canal, not only because it improves the access of the files to the canal, but also because it allows to obtain more accurate electronic determinations of WL.

*Funding:* this research received no external funding.

*Registration:* PROSPERO 243412.

**Key words:** Cervical preflaring, Electronic apex locator, Preflaring, Root canal treatment, Working length.

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento de conductos es una terapia odontológica compleja cuyo objetivo principal es prevenir o tratar la periodontitis apical, eliminando los microorganismos causantes de la inflamación e infección del espacio pulpar y rellenando ese espacio con un biomaterial para prevenir una futura reinfección (1–3). Esta inflamación provoca la destrucción de los tejidos perirradiculares como consecuencia de varios daños a la pulpa dental, incluyendo infección, fracaso de un tratamiento de endodoncia, traumatismos o iatrogenia (4). El diagnóstico puede ser controvertido ya que esta patología adquiere gran cantidad de formas en las que se puede manifestar clínicamente. Un paso fundamental de la terapéutica endodóntica en la práctica diaria, tras una completa obturación de los conductos, es un buen sellado coronal basado en la reconstrucción de la estructura dental perdida por en la apertura, sola o en combinación con los procesos cariosos (5). Esto prevendrá al diente de una futura recontaminación y reinfección (2). Los resultados del estudio de Tronstad et al. (6) mostraron que las tasas de éxito de los tratamientos de conductos realizados en dientes con una restauración coronal de baja calidad fueron muchos menores que los dientes que tenían un sellado coronal correcto.

Según un estudio de José F. Siqueira (7), se establecen diferentes tipos de infecciones endodónticas asociadas a diversas condiciones clínicas. Esta clasificación no es absoluta, ya que en la literatura se pueden encontrar múltiples formas de dividir este gran territorio que ocupa la patología periapical, como ya iremos viendo a lo largo de este estudio. Sin embargo, la mejor forma de acercar al lector a este tema es comenzando por esta clasificación.

Así, podemos dividir la infección en primaria (los microorganismos causantes son aquellos que colonizan el tejido pulpar necrótico), secundaria (provocada por microorganismos diferentes, que no están presentes en la infección primaria y que penetran en el sistema de conductos durante el tratamiento, entre las visitas o tras finalizar el tratamiento de los mismos), persistente (los microorganismos son aquellos que resisten a los procedimientos de desinfección del conducto durante el tratamiento), y extrarradicular (tienen su origen, normalmente, en infecciones intrarradicales, siendo su forma más común el absceso perirradicular agudo). (7)

Una forma clínica muy frecuente en la que se presenta la periodontitis apical es en forma de absceso, es decir, cuando existe una colección de pus en una cavidad formada por tejido de licuefacción (8). La causa de esta colección purulenta puede venir dada por una infección endodóntica o una infección periodontal (causando un absceso periodontal). El absceso apical agudo es la forma clínica más común de absceso dental causado por infección del sistema de conductos radiculares (8). Como tratamiento, se proponen evacuación de la colección purulenta mediante drenaje, por incisión o a través del conducto radicular, además de un posterior tratamiento endodóntico que limpie, desinfecte y conforme el sistema de conductos radiculares (8), o, como opción menos conservadora, la extracción del diente afecto para eliminar el foco de infección (9).

Además de la respuesta aguda, también podemos encontrar una forma clínica crónica, consistente en una lesión radiolúcida asintomática provocada por la reabsorción ósea del hueso periapical. Sin embargo, la periodontitis apical puede variar de crónica a aguda, volviéndose la lesión sintomática. Se ha estimado que la incidencia de exacerbaciones de la periodontitis apical es del 5% por año (9).

Para lograr una correcta desinfección y, por tanto, el éxito de un tratamiento de conductos es indispensable conocer adecuadamente cada una de sus etapas, instrumentos y materiales.

### Longitud de trabajo

Uno de los mayores problemas derivados del concepto de endodoncia es delimitar hasta dónde se debe trabajar y obturar el conducto. El extremo apical de la preparación debe determinarse al comenzar el tratamiento, al igual que se debe cerciorar el operador de que se mantiene la longitud de trabajo inicial en todo el procedimiento (2).

El éxito de todos los procedimientos del tratamiento de endodoncia depende fundamentalmente de si se ha determinado correctamente la longitud de trabajo del conducto (10).

Ya Kuttler et al. (11) explicaron en un artículo publicado en 1955 por la Asociación Dental Americana que el concepto que se tenía del conducto era erróneo al pensar que este era como un cono cuyo vértice coincidía con la punta del ápice, totalmente recto. Concluyen que el conducto tiene 2 secciones principales, una sección alargada en la

región coronal, formada por dentina, y una sección más corta en forma de embudo, formada por cemento, en la porción apical.

La forma de la porción apical del conducto es la de un cono invertido cuya base constituye el foramen mayor (porción de cemento radicular) y tiene como vértice el foramen menor o constricción apical (11). La constricción apical es un término que se refiere, fundamentalmente, al estrechamiento de menor diámetro del conducto, y separa el tejido pulpar de los tejidos periapicales externos al diente (10).

El cemento radicular tiene un espesor medio de 0.5mm en dientes jóvenes que va disminuyendo con la edad. Kuttler et al. (11) también explica que el vértice de la raíz no suele coincidir con el foramen apical. Este se desvía del ápice radicular como resultado de la edad o de ciertos procesos patológicos como puede ser una reabsorción radicular externa. Esta información es muy importante que se tenga en cuenta a la hora de realizar el tratamiento de conductos, ya que nos demuestra que no es correcto realizar la medición de la longitud de trabajo con métodos radiográficos (2,11).

La longitud de trabajo se determinaba antiguamente mediante técnicas radiográficas, lo que provocaba muchos casos de sobreinstrumentación y sobreobturación (12). Una pregunta que se ha encontrado frecuentemente durante el desarrollo de esta revisión es “¿cómo determinar cuál es el final del campo de actuación del endodoncista?” Ante esto, muchos autores se refieren al estudio de Kuttler (1955), que se ha comentado anteriormente, concluyendo, en su mayoría, que el foramen menor y la constricción apical se encuentran aproximadamente a una distancia entre 0.5 y 1mm del ápice radiográfico; pudiendo llevar esta variación a provocar infra o sobre extensiones (2).

### Localizadores electrónicos de ápice

Ante la necesidad de evitar estas sobreextensiones y, además, de disminuir la exposición a la radiación ionizante (lo que nos ayuda a poder tratar patologías endodónticas en pacientes embarazadas), se introduce en este campo el desarrollo de dispositivos electrónicos que ayudan a determinar la longitud de trabajo.

Los localizadores electrónicos de ápice (LEA) se basan en el principio de que la conductividad eléctrica de los tejidos entorno al ápice es mayor que la conductividad dentro del sistema de conductos, siempre que este se encuentre seco, o lleno con un fluido

no conductor. En el ápice encontramos los valores de impedancia en sus diferencias máximas (2).

Estos dispositivos se desarrollaron con el objetivo de poder determinar a qué distancia se encontraba la constricción apical y el foramen mayor de forma exacta, pues es indispensable para un correcto tratamiento de conductos (13).

### Tomografía computerizada de haz cónico (CBCT)

Las tomografías computerizadas, por otro lado, nos aportan una imagen en tres dimensiones de todo el sistema de conductos facilitándonos el encontrar conductos y raíces supernumerarios, lo que nos permite conocer la anatomía radicular antes de empezar con el tratamiento (2,12). Se ha demostrado que la exactitud de los localizadores de ápice es mayor que la exactitud de las radiografías periapicales a la hora de determinar la longitud del conducto (14). Por ello, actualmente se utilizan algunos softwares con el Cone Beam Computed Tomography (CBCT) que presentan funciones para la determinación preoperatoria de la longitud de trabajo, pero se recomienda siempre confirmar esa longitud que se nos proporciona con un localizador de ápice (15).

### Preflaring o pre-ensanchamiento coronal

Literalmente significa “ensanchamiento del tercio coronal del conducto antes de continuar con la instrumentación rotatoria”. El objetivo de este paso es rectificar el acceso al conducto abocinando el orificio y el tercio coronal para así facilitar que la lima rotatoria entre con el mínimo estrés torsional, reduciendo así el riesgo de fractura del instrumento (16). Con el preflaring se busca minimizar la superficie de la lima que contacta con las paredes del conducto durante la instrumentación (16).

En la literatura revisada se encuentran muchos estudios indicando las diferentes ventajas que tiene el realizar un ensanchamiento del conducto en su porción coronal, estando muchas de ellas recogidas como resumen en la Tabla 1.

Sin embargo, en ninguno de ellos se revisan todos los artículos publicados para poder recoger el consenso de los diferentes investigadores. El objetivo de este estudio es concretar todas las posiciones que existen en la literatura sobre la relación que tiene el preflaring con la exactitud en la determinación de la longitud de trabajo.

Resistencia a la fractura	Reduce el riesgo de separación y otros defectos de las limas, aumentando su vida útil (17–20)
Longitud de trabajo	Influye en la exactitud de la longitud de trabajo hallada con localizador electrónico de ápice (10,18–23)
Tamaño apical	Reduce la discrepancia de tamaño entre la lima apical inicial y el diámetro del tercio apical del conducto (13,24–28)
Instrumentación	Disminuye la cantidad de material que se extruye hacia el tejido periapical (29) (17) Aparecen menos defectos en la dentina radicular durante la preparación (17) Mejora la sensación táctil de la constricción y el diámetro apicales (22,30,31) Mejora la lima precurvada en conductos con curvaturas abruptas (16) Permite mantener la lima precurvada en conductos con curvaturas abruptas (16) Mejora el acceso de las limas a la constricción apical (22)
Irrigación	Mejora el rango de acción del irrigante al permitir el avance de la aguja y la penetración de la punta durante la irrigación pasiva ultrasónica (20)
Conductos curvos	No existe relación con el transporte apical en conductos curvos (32)
Extrusión periapical	No afecta a la cantidad de material extruido por el periápice durante la instrumentación (33)

**Tabla 1. Relación del preflaring con diferentes aspectos del tratamiento de conductos**

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

El preflaring, o ensanchamiento del tercio coronal del conducto, es una técnica que se realiza en endodoncia con el objetivo de crear una entrada en el conducto que produzca el menor estrés en las limas, minimizando la superficie de lima que contacta con las paredes dentinarias durante la instrumentación del mismo (16).

Las ventajas de esta técnica están ampliamente descritas en la literatura, encontrándose relaciones del preflaring con la extrusión de detritus por el periápice durante el tratamiento (29), con la calidad de la irrigación durante la instrumentación del conducto (20) y demás relaciones descritas en la Tabla 1.

Esta revisión se centra en la relación que tiene el preflaring con la determinación de la longitud de trabajo, paso indispensable que determina el éxito del tratamiento y evita sobre o infraextensiones durante el tratamiento (2,10). La longitud de trabajo es lo que se conoce como el campo de actuación del endodoncista. Está delimitada coronalmente por la entrada del conducto y por la constricción apical (2), siendo esta el estrechamiento del conducto radicular que separa el tejido pulpar del tejido periapical (10).

Sin embargo, no se ha encontrado ningún estudio que aúne todas las influencias que tiene el preflaring en el tratamiento de conductos. Por tanto, el objetivo de este estudio es realizar una revisión sistemática de la bibliografía respecto a la influencia que tiene el preflaring sobre la longitud de trabajo hallada con localizador electrónico de ápice, según

la siguiente pregunta PICO: ¿en dientes humanos extraídos (P), influye el preflaring coronal del conducto (I), cuando se compara con conductos sin preflaring (C), en la determinación electrónica de la WL con EAL (O)?

## MATERIAL Y MÉTODO

Esta revisión sistemática se realiza utilizando las directrices PRISMA (34) y el marco PICO. Esta revisión fue registrada en PROSPERO (CRD 243412).

### Estrategia de búsqueda de literatura

El proceso de búsqueda se llevó a cabo independientemente por tres examinadores (M.L-L., D.C-B. y J.J.S-E.). Se realizó una búsqueda de artículos en las bases de datos electrónicas PubMed, Scopus, Dialnet y Scielo hasta el 28 de febrero de 2021, sin restricciones o límites de lenguaje o año. La mayoría de los descriptores citados en la publicación anterior sobre este tema se usaron en la estrategia de búsqueda, usando combinaciones de términos del Medical Subject Heading (MeSH) y palabras clave (tw). Para cada base de datos, las siguientes combinaciones de términos se buscaron: *(preflaring OR pericervical OR cervical enlargement) AND (root canal OR instrumentation OR cleaning and shaping OR endodontic treatment OR root-filled teeth OR root-filling OR obturation) AND (dentin OR dentine OR working length OR apical constriction)*. Se realizó un screening de las referencias de los estudios seleccionados para encontrar algún estudio adicional que no apareciera en la búsqueda inicial.

### Criterios de inclusión

Los estudios incluidos evaluaban la exactitud del localizador electrónico de ápice en la determinación de la longitud de trabajo en conductos con preflaring y sin preflaring en dientes humanos extraídos. Los criterios de inclusión se basaron en la estrategia PICOS (35) (PRISMA-P 2016), como se describe a continuación:

- Población (P): dientes humanos permanentes extraídos;
- Intervención (I): preflaring coronal de los conductos;
- Comparación (C): conductos sin preflaring;
- Resultado (O): exactitud en la determinación de la WL con EAL;
- Diseño del estudio (S): de laboratorio.

Se excluyeron opiniones, cartas, artículos de opinión, resúmenes de conferencias, estudios con animales, estudios con humanos, estudios que incluían dientes artificiales y estudios donde no se podía calcular y comparar la precisión en la determinación de la longitud de trabajo con localizador electrónico de ápice en conductos con y sin preflaring.

### Selección de los estudios

Tres autores (M.L-L., D.C-B. y J.J.S-E.) seleccionaron los estudios examinando los títulos y resúmenes. Cuando el título y el resumen no permitían juzgar el estudio, se accedía al texto completo. La segunda etapa consistió en leer los textos completos y juzgar el potencial de los estudios de ser incluidos según los criterios de selección en base a la estrategia PICOS. Los desacuerdos en la inclusión de algunos estudios se resolvieron con el consenso de un cuarto autor (J.M-G). Los estudios duplicados en las bases de datos se consideraron una sola vez.

### Recopilación de datos/proceso de extracción

Tres autores (M.L-L., D.C-B. y J.J.S-E.) recopilaron independientemente los datos de los estudios incluidos. Los desacuerdos se resolvieron con un cuarto autor (J.M-G.). Se extrajo toda la información referente a la publicación (autor y año de publicación), tipo de estudio, tipo de diente extraído, limas usadas en el preflaring, tipo de localizador utilizado en la determinación de la longitud de trabajo, referencia de precisión de la longitud de trabajo, porcentaje de precisión en conductos con y sin preflaring y los principales resultados.

### Evaluación de la calidad y riesgo de sesgo de los estudios individuales

Cada estudio seleccionado fue evaluado independientemente para el riesgo metodológico interno de sesgo por tres autores (M.L-L., D.C-B. y J.J.S-E.). Teniendo en cuenta que todos los estudios incluidos eran estudios de laboratorio “ex vivo”, la evaluación de la calidad se realizó siguiendo SYRCLE (36) con adaptaciones usadas en anteriores revisiones sistemáticas (37,38). Se consideraron los siguientes parámetros: (i) cálculo del tamaño de muestra, (ii) muestras con dimensiones similares, (iii) grupo control (sin preflaring), (iv) estandarización del preflaring coronal, (v) estandarización de la evaluación de la exactitud de la longitud de trabajo y (vi) análisis estadístico. El carácter vinculante del operador no se tuvo en cuenta puesto que el tipo de localizador, el tipo de lima y los conductos (con y sin preflaring) son muy diferentes y permiten al operador



identificar el tratamiento realizado. Los parámetros encontrados en los estudios originales fueron anotados dicotómicamente según si estaban presentes (+) o ausentes (-). Durante la evaluación de la calidad, los desacuerdos entre los autores se resolvieron mediante discusión con un cuarto autor (M.C.J-S.). Para evaluar el riesgo individual de sesgo, los artículos se catalogaron como bajo riesgo de sesgo si cumplían cinco o seis parámetros, y como alto riesgo de sesgo si solo cumplían uno o dos parámetros. Para evaluar el riesgo total de sesgo, se calculó el porcentaje de estudios que cumplían cada parámetro, así como el porcentaje total de parámetros analizados que estaban presentes en todos los estudios.

### Resultado de interés

El resultado de interés fue la precisión de la determinación electrónica de la longitud de trabajo en conductos con y sin preflaring. El resultado fue dicotomizado según si el preflaring influía significativamente en la precisión de la determinación de la longitud de trabajo, evaluado electrónicamente o no. La Odds ratio se calculó como medida de efecto relativo.

### Síntesis de los datos y análisis estadístico

La variable primaria de eficacia fue la precisión de la determinación de la longitud de trabajo usando localizador electrónico de ápice. Se calculó la Odds ratio (OR), con su 95% de intervalo de confianza (CI), en todos los estudios incluidos para medir el efecto del preflaring en la determinación de la WL usando EAL. El metaanálisis se llevó a cabo en estudios que aportaban datos en porcentajes de precisión, o también si era posible calcular dichos datos. En algunos de los estudios incluidos, la precisión se calculó como el porcentaje de coincidencias exactas con la constricción apical, mientras que en otros se permitió un margen de  $\pm 0.5\text{mm}$  (Tabla 2). Los estudios que comparaban la precisión de la determinación electrónica de la WL, pero solo presentaban datos en medias y desviaciones estándar, sin permitir el cálculo de precisión, se excluyeron.

Se realizaron dos análisis de subgrupos. Uno incluyendo los estudios en los que se usaron limas Protaper para el preflaring; y otro agrupando todos los estudios en los que usaron el localizador de ápice Root ZX para la determinación de la WL.

Los metaanálisis se calcularon con el software 5.4 RevMan (Review Manager Web. The Cochrane Collaboration, 2019. Disponible en [revman.cochrane.org](http://revman.cochrane.org)). Como los estudios no realizaron los ensayos usando la misma metodología, sino que se utilizaron diferentes

tipos de limas de preflaring y diferentes localizadores, se llevó a cabo el método del inverso de la varianza con efectos aleatorios para determinar la OR agrupada y su 95% de CI. Los metaanálisis se representaron con un forest plot (39).

Para estimar la varianza y la heterogeneidad de los ensayos se utilizaron los test de Tau<sup>2</sup> y Higgins I<sup>2</sup>, considerando una ligera heterogeneidad si se encuentra entre el 25 y el 50%, moderada entre el 50 y el 75%, y alta si es mayor del 75% (40). La existencia de significancia estadística se evaluó usando el test Z (valor p < 0.05). Se trazó un funnel plot para ilustrar la posible existencia de sesgo de publicación (41).

<i>Razones de exclusión</i>	<i>Autor/año</i>
No se especifica / no se puede determinar la exactitud.	De Moor et al. 1999 Tinaz et al. 2002 Suryantoro et al. 2017 Maniglia-Ferreira et al. 2017
No se usó EAL.	Iqbal et al. 2013 Kumar et al. 2013

Tabla 2. Estudios excluidos y las respectivas razones para cada exclusión

## RESULTADOS

### Selección de los estudios

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda realizada. La búsqueda inicial en las diferentes bases de datos dio un total de 96 estudios publicados a los que se añadieron 8 estudios adicionales identificados en otras fuentes. De ellos, 9 se excluyeron por estar duplicados. Con los 95 estudios elegidos se realiza un análisis del título y el resumen resultando en 16 artículos de interés para la revisión. La razón que llevó al rechazo de los 79 artículos restantes es que no seguían los criterios de inclusión propuestos, pues no relacionaban el preflaring con la determinación de la longitud de trabajo. Tras una lectura comprensiva, 10 artículos de texto completo fueron seleccionados para la revisión sistemática y metaanálisis, siendo los siguientes *Ibarrola et al. (1999) (23)*, *de Camargo et al. (2009) (10)*, *Morgental et al. 2011 (42)*, *Brito-Junior et al. 2012 (43)*, *Teixeira et al. 2012 (44)*, *Guimaraes et al. 2016 (45)*, *Vasconcelos et al. 2016 (46)*, *Ferreira et al. 2019 (47)*, *Javanmardi et al. 2020 (48)* y *Melo et al. 2020 (49)*.

Con esto, se excluyeron los siguientes 6 artículos de texto completo *De Moor et al. 1999 (50)*, *Tinaz et al. 2002 (13)*, *Iqbal et al. 2013 (22)*, *Kumar et al. 2013 (51)*, *Suryantoro et*

al. 2017 (52) y Maniglia-Ferreira et al. 2017 (20). Las razones de su exclusión pueden verse en la Tabla 2.

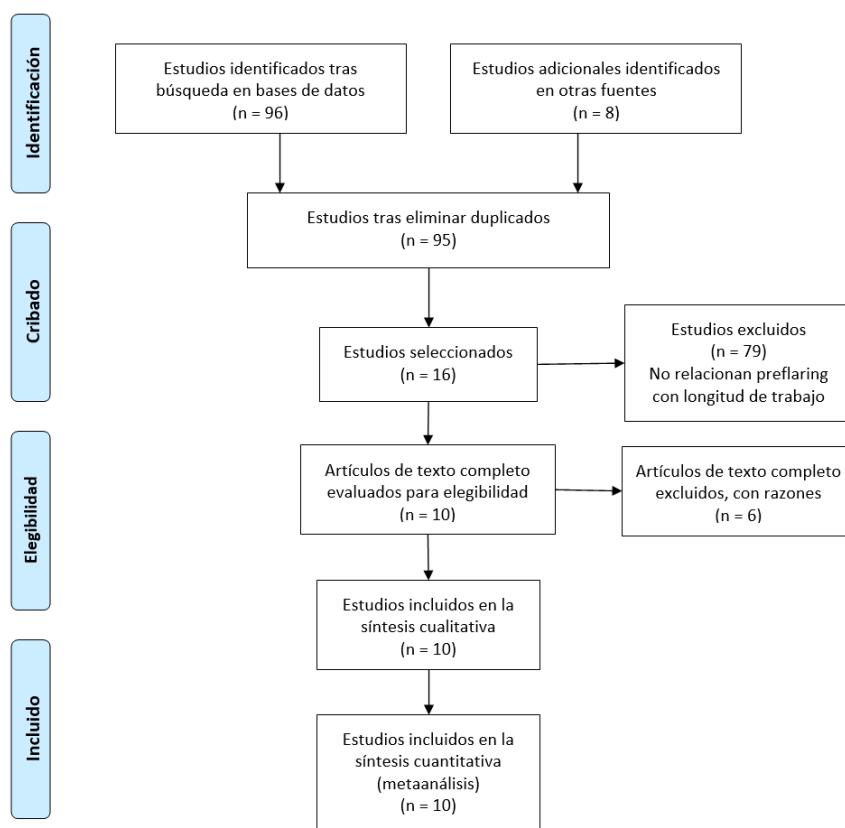


Figura 1. Diagrama de flujo sobre la estrategia de búsqueda realizada

### Características de los estudios incluidos

Los datos recopilados de los diez estudios incluidos se resumen en la Tabla 3. Todos los estudios incluidos comparaban la precisión de los diferentes localizadores en la determinación de la longitud de trabajo en dientes con y sin preflaring. Siete estudios usaron Root ZX (10,23,43,45,46,48,49). Los instrumentos más usados para el preflaring fueron las limas SX y S1 de Protaper (10,43,45,47,48), seguido por fresas LA Axxess (42,45). Aunque todos los estudios incluidos usaron metodologías similares a la hora de preparar los dientes con y sin preflaring y durante la determinación de la WL con EALs; algunos estudios consideraron como exactas las medidas de WL que coincidían exactamente con la constricción apical (10,23,43,44,46), mientras otros tomaron como exactas las medidas que variaban  $\pm 0.5\text{mm}$  de la constricción apical (42,45,47–49). Los estudios incluidos usaron diferentes tipos de dientes: incisivos y caninos (10,42,45,47,48), premolares (48) y molares (23,43,44,49).

La mayoría de los estudios encontraron que el preflaring aumentaba la precisión de los localizadores determinando la longitud de trabajo, aunque las diferencias entre la precisión en conductos con y sin preflaring no fue siempre significativa. Ibarrola et al. (1999) (23) encontraron que el preflaring aumentaba significativamente la exactitud de la determinación de la longitud con Root ZX ( $p = 0.015$ ). Camargo et al. (2009) (10) demostraron que el preflaring aumentaba significativamente la precisión para determinar la longitud real con Root ZX y MiniApex Locator ( $p > 0.05$ ), pero no encontraron diferencias significativas para EQual y DSP ( $p > 0.05$ ). Morgental et al. (2011) (42) también encontraron que el preflaring aumentaba la precisión del MiniApex y el Propex II ( $p < 0.05$ ), pero no se observaron diferencias significativas con Novapex ( $p > 0.05$ ). Brito-Junior et al. (2012) (43), usando Root ZX y diferentes tamaños de limas (limas K de calibre #10, #15 y #20), encontraron medidas de precisión de la longitud estadísticamente significativas en los conductos con preflaring ( $p < 0.05$ ), pero no encontraron diferencias significativas usando Novapex ( $p > 0.05$ ). Teixeira et al. (2012) (44) encontraron que el preflaring hecho con fresas Gates Glidden no influían significativamente en la precisión electrónica de la WL al usar Bingo1020 ( $p > 0.05$ ). Guimarães et al. (2016) (45) usaron Protaper SX y S1 para realizar el preflaring, encontrando un mayor porcentaje de medidas exactas usando Joypex5 y MiniRoot ZX en dientes con preflaring, pero no se encontraron diferencias significativas con las lecturas hechas a los dientes sin preflaring ( $p > 0.05$ ). Cuando la preparación cervical se llevaba a cabo con fresas LA-Axxess, se encontró un aumento de la precisión de la determinación de la longitud con Joypex5 ( $p = 0.01$ ), pero no cuando se usó MiniRoot ZX ( $p > 0.05$ ). Vasconcelos et al. (2016) (46) no encontraron cambios significativos en la precisión del Root ZX II en conductos con y sin preflaring al usar WaveOne Primary ( $p > 0.05$ ). Ferreira et al. (2019) (47) realizaron el preflaring con Protaper SX, encontrando un aumento significativo en la precisión del Propex Pixi tanto en limas de acero inoxidable como en limas de níquel-titanio para determinar la longitud de trabajo ( $p > 0.05$ ). Javanmardi et al. (2020) (48) también usaron las limas SX de Protaper para el preflaring coronal, encontrando un aumento en la precisión del Root ZX para la determinación de la longitud ( $p < 0.001$ ), pero no se vio ese aumento en la precisión del MiniApex Locator ( $p = 0.293$ ). Finalmente, Melo et al. (2020) (49) han investigado la influencia de diferentes protocolos para realizar el preflaring coronal (ausente, conservadora [lima #25/.06] y convencional [lima #25/.12]) en la precisión del Root ZX II, Raypex 6 y RomiApex A-

15 ( $p < 0.05$ ). Observaron un aumento en la precisión de los localizadores electrónicos de ápice realizando los protocolos de preflaring conservadores y convencionales ( $p < 0.05$ ).

### Resultados del metaanálisis primario y sesgo de publicación

Para llevar a cabo el metaanálisis, los resultados de los estudios incluidos fueron divididos en secciones según el número de localizadores electrónicos de ápice usados y el tipo de limas con las que se había realizado el preflaring. Por lo tanto, los resultados de los estudios de Ibarrola et al. 1999 (23), Teixeira et al. 201 (44) y Vasconcelos et al. 2016 (46) solo se incluyeron una vez porque usaron un solo tipo de localizador y lima para preflaring. Por el contrario, del estudio de Javanmardi et al. 2020 (48) se incluyeron dos resultados; del estudio de Morgental et al. 2011 (42) tres resultados; de los estudios de Camargo et al. 2009 (10) y Guimarães et al. 2016 (45) cuatro resultados; y de los estudios de Brito-Júnior et al. 2012 (43), Ferreira et al. 2019 (47) y Melo et al. 2020 (49) se incluyeron seis resultados por estudio. En total fueron incluidos 34 resultados en el metaanálisis, incluyendo 2890 determinaciones electrónicas de la longitud de trabajo; una mitad en dientes a los que no se les había realizado preflaring y la otra mitad en dientes que sí tenían preflaring hecho.

La varianza estimada entre todos los resultados fue examinada por el test  $Tau^2$ , resultando no significativo ( $Tau^2 = 0.03$ ;  $Chi^2 = 36.5$ ;  $df = 33$ ;  $p = 0.31$ ). El valor de la prueba de heterogeneidad ( $I^2 = 10\%$ ) fue bajo; sin embargo, los pesos fueron calculados usando el modelo de efectos aleatorios considerando que había una variación entre los estudios incluidos y permitiendo que los resultados variaran en una distribución normal. La OR global fue de 1.98 (95% CI = 1.65 – 2.37;  $p < 0.00001$ ), indicando que la determinación de la longitud de trabajo por localizadores electrónicos de ápice fue significativamente más precisa en conductos con preflaring hecho cuando se compara con conductos sin preflaring. Las ORs para los 34 resultados de los 10 estudios incluidos y la OR común del metaanálisis se muestran en un forest plot (Figura 2).

La Figura 3 muestra un funnel plot de los estudios elegidos. Los artículos seleccionados están distribuidos uniformemente en la línea vertical que indica el resumen de estimación; los estudios con un mayor potencia y menor error estándar se trazan hacia la parte superior y los estudios con baja potencia se colocan cerca de la parte inferior del gráfico. No se observó un sesgo evidente de publicación.

Figura 2. Forest plot de todos los resultados de la revisión sistemática y metaanálisis

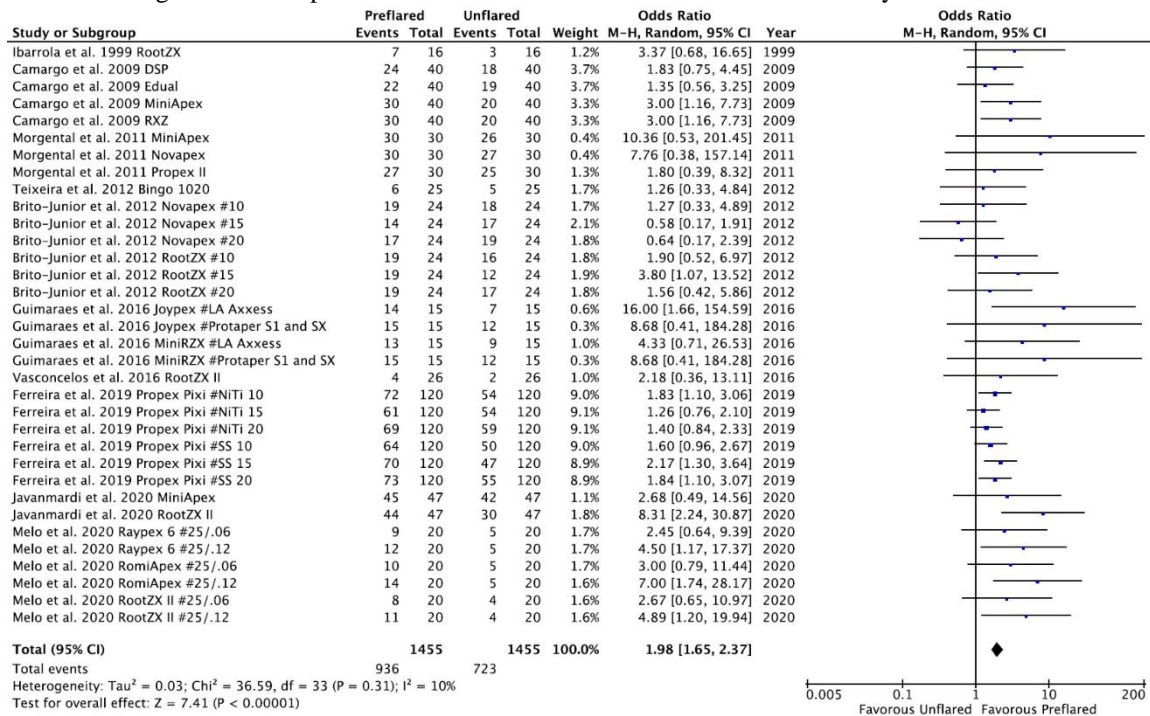
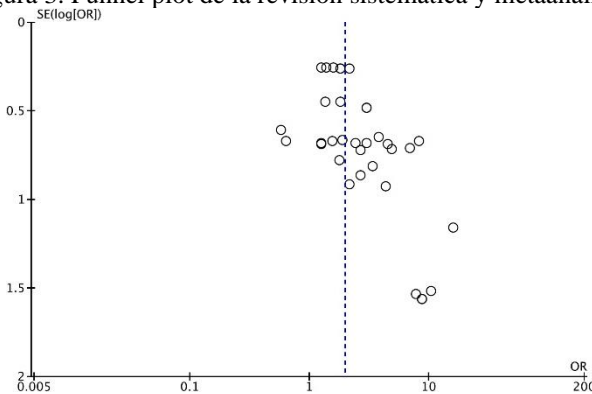


Figura 3. Funnel plot de la revisión sistemática y metaanálisis.



### Análisis adicional

Considerando que el Root ZX fue el localizador más usado de todos los estudios incluidos, un metaanálisis, también usando el modelo del inverso de la varianza con efectos aleatorios, se llevó a cabo incluyendo solo los resultados del Root ZX (10,23,43,45,46,48,49). El resultado del test de Tau<sup>2</sup> no fue significativo (p = 0.89), con un 0% de heterogeneidad. La OR general calculada fue de 3.25 (95% CI = 2.13 – 4.97; p < 0.00001), indicando que la precisión del Root ZX para la determinación de la WL aumenta significativamente, más de tres veces, en conductos con preflaring (Figura 4).

Desde que las limas SX y S1 de Protaper fueron las más usadas para realizar el preflaring coronal en los estudios incluidos, un nuevo metaanálisis, usando el mismo modelo, fue llevado a cabo incluyendo solo los resultados de los cinco estudios que usaron estas limas

(de Camargo et al. 2009 (10), Brito-Júnior et al. 2012 (43), Guimaraes et al. 2016 (45), Ferreira et al. 2019 (47), Javanmardi et al. 2020 (48)). El test  $Tau^2$  no fue significativo ( $p = 0.34$ ), y la heterogeneidad fue del 10%. La OR general calculada fue 1.76 (95% CI = 1.45 – 2.13;  $p < 0.00001$ ), indicando que el preflaring coronal de los conductos usando Protaper SX y S1 aumenta significativamente la precisión de los EALs en la determinación de la WL (Figura 5).

Figura 4. Forest plot de los estudios que usaron RootZX como EAL

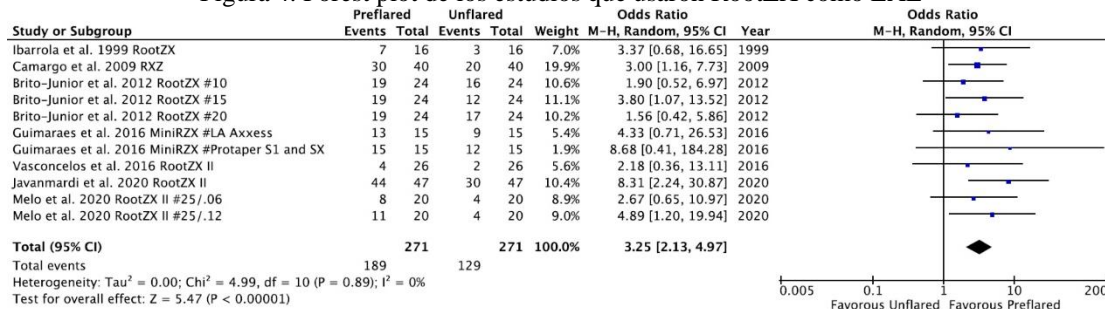
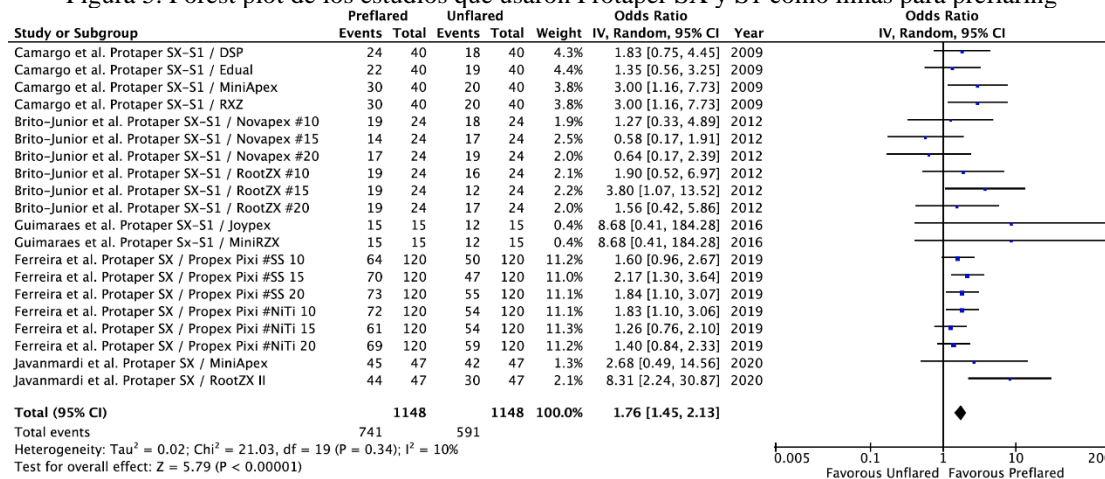


Figura 5. Forest plot de los estudios que usaron Protaper SX y S1 como limas para preflaring



## Evaluación de la calidad y riesgo de sesgo

Se evaluó la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de cada artículo (Figura 6). Siguiendo los parámetros considerados en el análisis, tres de los estudios incluidos presentaron moderado riesgo de sesgos (10,23,45), otros tres presentaron cinco de los seis parámetros analizados (42,43,48), siendo clasificados como bajo riesgo de sesgo; y los cuatro estudios sobrantes (44,46,47,49) presentaron todos los parámetros analizados, por lo tanto, también fueron considerados como bajo riesgo de sesgo. En el presente análisis, cuatro de los seis parámetros evaluados (muestras de dimensiones similares, grupo control (sin preflaring), estandarización del preflaring coronal, y estandarización de la evaluación de la precisión del EAL en la determinación de la WL) fueron encontrados en



todos los estudios incluidos. El porcentaje total de los parámetros reportados de los diez estudios fue del 85%, indicando un bajo riesgo total de sesgo.

	Sample size calculation	Samples with similar dimensions	Control group(unflared)	Standardization of coronal preflaring	Standardization of EAL accuracy assessment of WL determination	Statistical analysis carried out	Reported parameters. Individual risk of bias
Brito-Junior et al. (2012)	●	●	●	●	●	●	5 Low
Camargo et al. (2009)	●	●	●	●	●	●	4 Moderate
Ferreira et al. (2019)	●	●	●	●	●	●	6 Low
Guimaraes et al. (2016)	●	●	●	●	●	●	4 Moderate
Ibarrola et al. (1999)	●	●	●	●	●	●	4 Moderate
Javanmardi et al. (2020)	●	●	●	●	●	●	5 Low
Melo et al. (2020)	●	●	●	●	●	●	6 Low
Morgental et al. (2011)	●	●	●	●	●	●	5 Low
Teixeira et al. (2012)	●	●	●	●	●	●	6 Low
Vasconcelos et al. (2016)	●	●	●	●	●	●	6 Low
TOTAL	40%	100%	100%	100%	100%	70%	85%

Figura 6. Evaluación de la calidad de los estudios incluidos

## DISCUSIÓN

El presente estudio tiene como objetivo analizar la influencia del preflaring coronal en la precisión de la determinación electrónica de la longitud de trabajo. Los resultados de la revisión sistemática y metaanálisis llevados a cabo, incluyendo la evidencia disponible comparando la precisión de los localizadores en conductos con y sin preflaring, concluyeron que el preflaring aumenta la precisión de los EALs doblando el porcentaje de valores exactos. A nuestro conocimiento, esta es la primera revisión sistemática analizando la influencia del preflaring coronal en la precisión de la determinación de la WL con EAL, tema que no se había sido investigado hasta el momento en metaanálisis. Así, el resultado del presente estudio rellena este vacío de conocimiento y debería ser considerado muy relevante en el protocolo del tratamiento de conductos.

Considerando que el Root ZX fue el localizador más usado en los estudios incluidos en el metaanálisis (10,23,43,45,46,48,49), el método de inverso de la varianza con efectos aleatorios también fue usado para calcular la OR general para el efecto del preflaring en



la precisión del Root ZX. El resultado (OR = 3.25; 95% CI = 2.13 – 4.97;  $p < 0.00001$ ), indicó que la precisión del Root ZX para la determinación de la WL aumenta más de tres veces después del preflaring.

### Implicaciones para la práctica y la investigación

Los resultados de este metaanálisis tienen implicaciones muy importantes para la práctica clínica dental diaria. Ciertamente, el preflaring coronal es conocido como una importante maniobra operativa para lograr la trayectoria en línea recta a la entrada del conducto y su primera curvatura (16). Esto minimiza los errores durante los siguientes procedimientos del tratamiento. Sin embargo, tras los resultados del presente estudio, el preflaring debe también considerarse un paso importante para determinar de forma exacta la WL usando EALs. Por lo tanto, los resultados actuales deberían tomarse en cuenta durante el agrandamiento del conducto, sabiendo que el preflaring coronal no solo mejorará el acceso de las limas al conducto, sino que también ayudará a conseguir una determinación electrónica de la WL más exacta.

### Evaluación de la calidad

Tras la búsqueda en la literatura, diez estudios que cumplían los criterios de inclusión y proporcionaban datos sobre la precisión de los localizadores en conductos con y sin preflaring fueron incluidos (10,23,42–49), incluyendo un número muy alto de mediciones: 1445 determinaciones electrónicas de longitud de trabajo en conductos sin preflaring y otras 1445 determinaciones en conductos con preflaring. Todos los artículos incluidos reportaron estudios “ex vivo” realizados en el laboratorio utilizando dientes extraídos humanos. Por lo tanto, para evaluar su calidad metodológica, la herramienta para el riesgo de sesgo SYRCLE se ha tomado como referencia (36), con adaptaciones (38). SYstematic Review Centre for Laboratory animal Experimentarion (SYRCLE) es una herramienta RoB para estudios de intervención animal basada en la herramienta RoB de la Colaboración Cochrane (53). SYRCLE contiene entradas relacionadas con el sesgo de selección, sesgo de rendimiento, sesgo de detección, sesgo de desgaste, sesgo de notificación y otros sesgos. La adaptación para la actual revisión sistemática consideró seis parámetros: (i) cálculo del tamaño de muestra, (ii) muestras con dimensiones similares, (iii) grupo control, (iv) estandarización del preflaring coronal, (v) estandarización de la evaluación de la precisión de la determinación de la longitud de trabajo y (vi) análisis estadístico. Siete de los estudios incluidos (42–44,46–49)

presentaron bajo riesgo de sesgo, y solo tres (10,23,45) riesgo moderado de sesgo. Además, de los seis parámetros usados para evaluar el riesgo de sesgo, los diez estudios incluidos reportaron adecuadamente el 85%, indicando un bajo riesgo total de sesgo. No se observó sesgo evidente de publicación. Por lo tanto, hay mucha confianza de que el efecto verdadero es similar al efecto estimado, esto es, que realizar preflaring coronal aumenta la precisión de los EALs.

Con respecto al metaanálisis, aunque la heterogeneidad de los estudios fue muy baja ( $I^2 = 10\%$ ), teniendo en cuenta que los estudios incluidos usaron diferentes tipos de limas para el preflaring y diferentes EALs, se llevó a cabo el método del inverso de la varianza con efectos aleatorios. El valor de la OR general fue 1.98 (95% CI = 1.65 – 2.37;  $p < 0.00001$ ), indicando que la determinación de la WL por EALs fue significativamente más precisa en conductos a los que se les había realizado preflaring comparándolos con los que no se les había realizado.

#### Fortalezas y limitaciones

Entre las fortalezas de esta revisión sistemática y metaanálisis se encuentra el uso del modelo de efectos aleatorios. Este modelo explica explícitamente la heterogeneidad de los estudios mediante un parámetro estadístico que representa la variación entre estudios (54). El modelo de efectos aleatorios supone que el verdadero tamaño del efecto puede variar o no de un estudio a otro, es decir, hay una distribución de los efectos verdaderos. El efecto global es una estimación de la media de la distribución. Por lo tanto, el resultado del presente estudio indica que el preflaring realmente aumenta la precisión de los EALs a la hora de determinar la WL. Además, el gran número de medidas electrónicas de la WL incluidos en el metaanálisis (2890) y el bajo riesgo global de sesgo pueden también considerarse fortalezas de esta revisión sistemática y metaanálisis.

Sin embargo, la presente revisión sistemática tiene varias limitaciones. Una de ellas se refiere al hecho de que seis de los estudios incluidos no incluyen el cálculo del tamaño de muestra en su metodología (10,23,42,43,45,48), con un alto riesgo de sesgo en esta cuestión. Otra limitación del presente estudio es que la literatura gris no ha sido buscada sistemáticamente, aunque todas las referencias de los artículos incluidos han sido analizadas, incluyendo artículos en español y portugués. Un punto clave en el tema analizado en esta revisión sistemática es el papel del preflaring coronal. El número y conicidad de la lima usada en el preflaring puede también influir en el alargamiento de la

porción coronal del conducto. El hecho de que las limas usadas para realizar el agrandamiento coronal son diferentes en cada estudio puede también ser considerado una limitación. Entre las limas usadas para el preflaring coronal, Protaper SX y S1 tenían el menor número y la menor conicidad, siendo usadas en cinco estudios (10,43,45,47,48). La OR global calculada para estos cinco estudios fue de 1.76 ( $p < 0.00001$ ), un valor más bajo que la OR global calculada para los diez estudios. Esto es consistente con el hecho de que los otros cinco estudios incluidos en la revisión usaron limas más grandes y con mayor conicidad, como las fresas LA Axxess (20/.06) (42,45), o Prodesign Logic (25/.06) y HyFlex EDM (25/.12) (49). Finalmente, otra limitación de esta revisión sistemática es que los estudios incluidos usaron diferentes criterios para determinar la exactitud de la WL electrónica. Algunos estudios consideraron como preciso las medidas de WL que coincidían exactamente con la constricción apical (10,23,43,44,46), y otros cogieron como precisas las medidas  $\pm 0.5\text{mm}$  desde la constricción apical (42,45,47–49). Sin embargo, en todos los estudios la precisión de las medidas se determinó en conductos con y sin preflaring.

### Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de los estudios disponibles indican un aumento significativo en la precisión de la determinación de la WL con EAL tras el preflaring coronal, doblando el porcentaje de medidas exactas. Por lo tanto, el preflaring coronal debe recomendarse como un paso importante durante el alargamiento mecánico del conducto, no solo porque mejora el acceso de las limas al conducto, sino porque permite obtener determinaciones electrónicas de la WL más precisas.

Tabla 3. Resumen de las características descriptivas de los estudios incluidos

Authors/year	Extracted teeth used	Files used in preflaring	EAL used for WL	Reference for WL accuracy	% accuracy in unflared canals	% accuracy in preflared canals	Main result
Ibarrola et al. 1999	16 lower molars; 32 mesial canals (Weine III)	Profile .04 sizes 9 to 6	Root-ZX	Exact apical constriction	RZX - 18.8%	RZX - 43.8%	Preflaring increased significantly the accuracy of the WL determination with EAL ( $p = 0.015$ ).
Camargo et al. 2009	40 lower incisors (Vertucci I)	Protaper SX Protaper S1	Root-ZX Edual MiniApex DSP	Exact apical constriction	RZX - 50% Edual- 47.5% MiniApex - 50% DSP - 45%	RZX-75% Edual-55% MiniApex-75% DSP-60%	Preflaring increased significantly the precision to determine the real WL with Root ZX and MiniApex ( $p > 0.05$ ), but no significant difference was noted for Edual and DSP ( $p > 0.05$ ).
Morgental et al. 2011	30 lower incisors	LA Axxess 20/.06	Novapex MiniApex Locator Propex II	$\pm 0.5$ mm from apical constriction	Novapex - 90% MiniApex - 87% Propex II - 83%	Novapex - 100% MiniApex - 100% Propex II - 90%	Preflaring increased the accuracy of MiniApex and Propex II ( $p < 0.05$ ), but no significant difference was noted for Novapex ( $p > 0.05$ ).
Brito-Junior et al. 2012	24 upper molars	Protaper SX Protaper S1	Novapex	Exact apical constriction	#10 - 75% #15 - 70% #20 - 80%	#10 - 80% #15 - 60% #20 - 70%	Coronal preflaring did not increase accuracy in the electronic measurements ( $p > 0.05$ ).
Brito-Junior et al. 2012	24 upper molars	Protaper SX Protaper S1	Root-ZX	Exact apical constriction	#10 - 65% #15 - 50% #20 - 70%	#10 - 80% #15 - 80% #20 - 80%	Coronal preflaring significantly increased accuracy in the electronic measurements ( $p < 0.05$ ).
Teixeira et al. 2012	25 lower molars; 50 canals	Gates-Glidden 4-3-2	Bingo1020	Exact apical constriction	Bingo1020 - 21%	Bingo1020 - 25%	Preflaring with Gates Glidden drills were not able to influence significantly the accuracy of apex locator in determining the exact working length ( $p > 0.05$ ).

Guimaraes et al. 2016	15 lower incisors (Vertucci I)	Protaper SX Protaper S1	Joypex5 MiniRZX	± 0.5 mm from apical constriction	Joypex5 - 80% MiniRZX - 80%	Joypex5 - 100% MiniRZX - 100%	Both EALs presented higher percentage of exact measurements after preflaring, but differences were not significant (p>0.05).
Guimaraes et al. 2016	15 lower incisors (Vertucci I)	LA Axxess 20/.06	Joypex5 MiniRZX	± 0.5 mm from apical constriction	Joypex - 46.6% MiniRZX - 60%	Joypex - 93.3% MiniRZX - 86.6%	Cervical preparation with LA-Axxes increased the accuracy of the EAL Joypex (p = 0.01), but not of the MiniRZX (p > 0.05).
Vasconcelos et al. 2016	26 lower molars (Vertucci IV); 52 canals	WaveOne Primary	Root ZX II	Exact apical constriction	RootZX II - 7.7%	RootZX II - 15.4%	The accuracy of Root ZX II presented no change considering the time interval when the electronic measurement was made. (p>0.05)
Ferreira et al. 2019	40 upper anterior teeth (Vertucci I).	Protaper SX	Propex Pixi	± 0.5 mm from apical constriction	SS files 10mm - 41.7% 15mm - 39.1% 20mm - 45.9%	SS files 10mm - 53.4% 15mm - 58.3% 20mm - 60.8%	Preflaring procedures increase the accuracy of Propex Pixi regardless of the size of the SS file (p<0.05).
Ferreira et al. 2019	40 upper anterior teeth (Vertucci I).	Protaper SX	Propex Pixi	± 0.5 mm from apical constriction	NiTi files 10mm - 45% 15mm - 45% 20mm - 49.2%	NiTi files 10mm - 60% 15mm - 50.8% 20mm - 57.5%	Preflaring procedures increase the accuracy of Propex Pixi regardless of the size of the NiTi file (p<0.05).
Javanmardi et al. 2020	47 teeth (11 incisors, 10 canines and 26 premolars); 60 canals in total	Protaper SX	Root ZX II	± 0.5 mm from apical constriction	RootZX - 63.3%	Root ZX - 93.3%	Preflaring increases the accuracy of RZX in the determination of WL (p<0.001).
Javanmardi et al. 2020	47 teeth (11 incisors, 10 canines and 26	Protaper SX	MiniApex Locator	± 0.5 mm from apical constriction	MiniApex - 90%	MiniApex - 96.6%	Preflaring does not increase the accuracy of MiniApex

	premolars); 60 canals						Locator in the determination of WL (p=0.293).
Melo et al. 2020	20 lower molars (Vertucci IV)	Prodesign Logic 25/.06	Root ZX II Raypex 6 RomiApex A-15	± 0.5 mm from apical constriction	Root ZX - 20% Raypex 6 - 25% RomiApex - 25%	Root ZX - 40% Raypex 6 - 42.5% RomiApex - 50%	It was observed an improvement in the accuracy of EALs after conventional coronal preflaring enlargement (p<0.05).
Melo et al. 2020	20 lower molars (Vertucci IV)	HyFlex EDM 25/.12	Root ZX II Raypex 6 RomiApex	± 0.5 mm from apical constriction	Root ZX II - 20% Raypex 6 - 25% RomiApex - 25%	Root ZX II - 55% Raypex 6 - 57.5% RomiApex - 70%	It was observed an improvement in the accuracy of EALs after conventional coronal preflaring enlargement (p<0.05)



## BIBLIOGRAFÍA

1. Siqueira JF, Rôças IN, Ricucci D, Hülsmann M. Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *Br Dent J* [Internet]. 2014;216(6):305–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.200>
2. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J*. 2006;39(8):595–609.
3. Uzun O, Topuz O, Tinaz C, Nekoofar MH, Dummer PMH. Accuracy of two root canal length measurement devices integrated into rotary endodontic motors when removing gutta-percha from root-filled teeth. *Int Endod J*. 2008;41(9):725–32.
4. Graunaite I, Lodiene G, Maciulskiene V. Pathogenesis of Apical Periodontitis: a Literature Review. *J Oral Maxillofac Res*. 2011;2(4):1–15.
5. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Eur J Dent*. 2016;10(1):144–7.
6. Tronstad L, Asbjørnsen K, Døving L, Pedersen I, Eriksen HM. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Dent Traumatol*. 2000;16(5):218–21.
7. Siqueira JF. Endodontic infections: Concepts, paradigms, and perspectives. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002;94(3):281–93.
8. Yu DC, Schilder H. Cleaning and shaping the apical third of a root canal system. *Gen Dent*. 2001;49(3):266–70.
9. Siqueira JF, Rôças IN. Microbiology and treatment of acute apical abscesses. *Clin Microbiol Rev*. 2013;26(2):255–73.
10. de Camargo ÉJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Influence of Preflaring on the Accuracy of Length Determination With Four Electronic Apex Locators. *J Endod*. 2009;35(9):1300–2.
11. KUTTLER Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 1955;50(5):544–52. Available from: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.1955.0099>
12. Torabinejad M, Walton RE. *Endodontic Principles and Practice* 4th Ed - Torabinejad. 2009. 233–240 p.
13. Tinaz AC, Maden M, Aydin C, Türköz E. The accuracy of three different electronic root canal measuring devices: an in vitro evaluation. *J Oral Sci*. 2002;44(2):91–5.

14. Liang YH, Jiang L, Chen C, Gao XJ, Wesselink PR, Wu MK, et al. The validity of cone-beam computed tomography in measuring root canal length using a gold standard. *J Endod* [Internet]. 2013;39(12):1607–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.08.001>
15. Segato AVK, Piasecki L, Felipe Iparaguire Nuñovero M, da Silva Neto UX, Westphalen VPD, Gambarini G, et al. The Accuracy of a New Cone-beam Computed Tomographic Software in the Preoperative Working Length Determination Ex Vivo. *J Endod*. 2018;44(6):1024–9.
16. Plotino G, Nagendrababu V, Bukiet F, Grande NM, Veetil SK, De-Deus G, et al. Influence of Negotiation, Glide Path, and Preflaring Procedures on Root Canal Shaping—Terminology, Basic Concepts, and a Systematic Review. *J Endod* [Internet]. 2020;46(6):707–29. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.01.023>
17. Borges ÁH, Damião MS, Pereira TM, Filho GS, Miranda-Pedro FL, Luiz de Oliveira da Rosa W, et al. Influence of Cervical Preflaring on the Incidence of Root Dentin Defects. *J Endod*. 2018;44(2):286–91.
18. Da Silva PB, Duarte SF, Alcalde MP, Duarte MAH, Vivian RR, Da Rosa RA, et al. Influence of cervical preflaring and root canal preparation on the fracture resistance of endodontically treated teeth. *BMC Oral Health*. 2020;20(1):1–7.
19. Wang Q, Xiong S-J, Dou H-Q, Zhou R-E. [The effect of coronal preflaring on the working length measurement of root canals in molars]. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*. 2004 Jun;13(3):179–81.
20. Maniglia-Ferreira C, de Almeida Gomes F, Ximenes T, Neto MAT, Arruda TE, Ribamar GG, et al. Influence of reuse and cervical preflaring on the fracture strength of reciprocating instruments. *Eur J Dent*. 2017;11(1):41–7.
21. Brito-Júnior M, Camilo CC, Moreira-Júnior G, Pecora JD, Sousa-Neto MD. Effect of pre-flaring and file size on the accuracy of two electronic apex locators. *J Appl Oral Sci*. 2012;20(5):538–43.
22. Iqbal A, Akbar I, Al-Omiri MK. An in vivo study to determine the effects of early preflaring on the working length in curved mesial canals of mandibular molars. *J Contemp Dent Pract*. 2013;14(2):163–7.
23. Ibarrola JL, Chapman BL, Howard JH, Knowles KI, Ludlow MO. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. *J Endod*. 1999;25(9):625–6.
24. Sharma SA, Tyagi SP, Sinha DJ, Singh UP, Chandra P, Kaur G. Influence of



- cervical preflaring using different rotary instruments on the accuracy of apical file size determination: A comparative in-vitro study. *J Conserv Dent*. 2014 Nov;17(6):575–8.
25. da Silva Schmitz M, Santos R, Capelli A, Jacobovitz M, Spanó JCE, Pécora JD. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in mandibular molars: SEM analysis. *Braz Dent J*. 2008;19(3):245–51.
  26. Pecora JD, Capelli A, Guerisoli DMZ, Spanó JCE, Estrela C. Influence of cervical preflaring on apical file size determination. *Int Endod J*. 2005 Jul;38(7):430–5.
  27. Vanni JR, Santos R, Limongi O, Guerisoli DMZ, Capelli A, Pécora JD. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in maxillary molars: SEM analysis. *Braz Dent J*. 2005;16(3):181–6.
  28. Tennert C, Herbert J, Altenburger MJ, Wrbas KT. The effect of cervical preflaring using different rotary nickel-titanium systems on the accuracy of apical file size determination. *J Endod*. 2010;36(10):1669–72.
  29. Borges ÁH, Pereira TM, Porto AN, De Araújo Estrela CR, Miranda Pedro FL, Aranha AMF, et al. The influence of cervical preflaring on the amount of apically extruded debris after root canal preparation using different instrumentation systems. *J Endod*. 2016;42(3):465–9.
  30. Stabholz A, Rotstein I, Torabinejad M. Effect of preflaring on tactile detection of the apical constriction. *J Endod*. 1995;21(2):92–4.
  31. Stoll R, Urban-Klein B, Roggendorf MJ, Jablonski-Momeni A, Strauch K, Frankenberger R. Effectiveness of four electronic apex locators to determine distance from the apical foramen. *Int Endod J*. 2010;43(9):808–17.
  32. Barbieri N, Leonardi DP, Baechtold MS, Correr GM, Gabardo MCL, Zielak JC, et al. Influence of cervical preflaring on apical transportation in curved root canals instrumented by reciprocating file systems. *BMC Oral Health* [Internet]. 2015;15(1):13–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12903-015-0137-0>
  33. Gunes B, Yeter KY. The effect of cervical preflaring on the apical debris extrusion of single or multiple rotary Ni-Ti files. *Niger J Clin Pract*. 2020 Apr;23(4):510–4.
  34. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ*. 2009 Jul;339:b2535.

35. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev*. 2015 Jan;4(1):1.
36. Hooijmans CR, Rovers MM, de Vries RBM, Leenaars M, Ritskes-Hoitinga M, Langendam MW. SYRCLE's risk of bias tool for animal studies. *BMC Med Res Methodol*. 2014 Mar;14:43.
37. Silva EJNL, Rover G, Belladonna FG, De-Deus G, da Silveira Teixeira C, da Silva Fidalgo TK. Impact of contracted endodontic cavities on fracture resistance of endodontically treated teeth: a systematic review of in vitro studies. *Clin Oral Investig*. 2018 Jan;22(1):109–18.
38. Silva EJNL, Prado MC, Soares DN, Hecksher F, Martins JNR, Fidalgo TKS. The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review. *Int Endod J*. 2020 Mar;53(3):317–32.
39. Lewis S, Clarke M. Forest plots: trying to see the wood and the trees. *BMJ*. 2001 Jun;322(7300):1479–80.
40. Higgins JPT, Thompson SG. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Stat Med*. 2002 Jun;21(11):1539–58.
41. Sterne JA, Egger M. Funnel plots for detecting bias in meta-analysis: guidelines on choice of axis. *J Clin Epidemiol*. 2001 Oct;54(10):1046–55.
42. Morgental RD, Vier-Pelisser FV, Luisi SB, Cogo DM, Kopper PMP. Preflaring effects on the accuracy of three electronic apex locators. *Rev Odonto Cienc*. 2011;26(4):331–5.
43. Brito-Júnior M, Camilo CC, Moreira-Júnior G, Pecora JD, Sousa-Neto MD. Effect of pre-flaring and file size on the accuracy of two electronic apex locators. *J Appl Oral Sci*. 2012;20(5):538–43.
44. Teixeira JM da S, Barcellos MB, Pinho MA de B, Barbosa CA de M, Fidel RAS, Fidel SR. Effectiveness of an electronic apex locator used after preflaring of cervical and middle third. *Rsbo*. 2012;9(2):158–62.
45. Guimarães BM, Tartari T, Fernandes SL, Ferracioli Oda D, Bramante CM, Antonio M, et al. Influence of the instrument used for cervical preflaring on the precision of 2 Electronic Apex Locators Influência do instrumento utilizado no preparo cervical na precisão de 2 localizadores apicais eletrônicos. 2016;64(4):382–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-863720160003000032921>

46. Vasconcelos BC, Bastos LM, Oliveira AS, Bernardes RA, Duarte MAH, Vivacqua-Gomes N, et al. Changes in Root Canal Length Determined during Mechanical Preparation Stages and Their Relationship with the Accuracy of Root ZX II. *J Endod* [Internet]. 2016;42(11):1683–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.07.022>
47. Ferreira I, Braga AC, Pina-Vaz I. The precision of PropEX Pixi with different instruments and coronal preflaring procedures. *Eur Endod J*. 2019;4(2):75–9.
48. Javanmardi S, Gh M, M AO, Zeinalddin M. Accuracy of Two Different Electronic Apex Locators in Treatment and Re-Treatment Cases : An Ex-Vivo Study. 2020;4(2):40–6.
49. Melo AM, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, Vivian RR, Duarte MAH, de Vasconcelos BC. Influence of different coronal preflaring protocols on electronic foramen locators precision. *Braz Dent J*. 2020;31(4):404–8.
50. De Moor RJG, Hommez GMG, Martens LC, De Boever JG. Accuracy of four electronic apex locators: An in vitro evaluation. *Dent Traumatol*. 1999;15(2):77–82.
51. Kumar R, Khambete N, Patil S, Hoshing U, Medha A, Shetty R. Working length changes in curved canals after coronal flaring by using rotary files and hand file: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2013;16(5):399–403.
52. Suryantoro R, Meidyawati R, Suprastiwi E. The effect of coronal preflaring on the accuracy of two electronic apex locators. *J Phys Conf Ser*. 2017;884(1).
53. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2011 Oct;343:d5928.
54. DerSimonian R, Kacker R. Random-effects model for meta-analysis of clinical trials: an update. *Contemp Clin Trials*. 2007 Feb;28(2):105–14.

# Influence of coronal preflaring on the accuracy of electronic working length determination: systematic review and meta-analysis

María León-López <sup>1</sup>, Daniel Cabanillas-Balsera <sup>1,\*</sup>, Victoria Areal-Quecuty <sup>1</sup>, Jenifer Martín-González <sup>1</sup>, María C. Jiménez-Sánchez <sup>1</sup>, Juan J. Saúco-Márquez <sup>1</sup>, Benito Sánchez-Domínguez <sup>1</sup> and Juan J. Segura-Egea <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Endodontic section, Department of Stomatology, University of Sevilla, C/Avicena s/n, 41009- Sevilla, Spain. maria.leon.lopez.98@gmail.com (M.L.-L); dcabanillas@us.es (D.C.-B); victoria.areal@cabimer.es (V.A.-Q); jmartin30@us.es (J.M.-G); jimenezsanchez6@gmail.com (M.C.J.-S); jjsauco@us.es (J.J.S.-M); beni2506@yahoo.es (B.S.-D); segurajj@us.es (J.J.S.-E).

\* Correspondence: segurajj@us.es (J.J.S.-E); dcabanillas@us.es (D.C.-B); Tel.: 0034 954 481146

**Citation:** León-López, M.; Cabanillas-Balsera, D.; Areal-Quecuty, V.; Martín-González, J.; Jiménez-Sánchez, M.C.; Saúco-Márquez, J.J.; Sánchez-Domínguez, B.; Segura-Egea, J.J. Influence of coronal preflaring on the accuracy of electronic working length determination: systematic review and meta-analysis. *2021*, *10*, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>

Received: date  
Accepted: date  
Published: date

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract.** *Aim.* To conduct a systematic review and meta-analysis according to the following PICO question: In extracted human permanent teeth, does preflaring, compared with unflared canals, influence the accuracy of WL determination with EAL? *Material and Methods.* Data sources A systematic review was conducted according to the PRISMA checklist, using the following databases: PubMed, Science Direct, Scopus, and Web of Science. Studies related to WL determination using EAL both in preflared and unflared root canals of extracted human teeth were included. The outcome of interest was the accuracy of the electronic WL determination. Study appraisal and synthesis methods A quality assessment of included studies was performed, determining the risk of bias. The meta-analyses were calculated with the 5.4 RevMan software using the inverse variance method with random effects. PROSPERO registration: CRD42021243412. *Results.* Ten experimental studies fulfilled the inclusion criteria, most of them found that preflaring increase the accuracy of the EALs in WL determination. The calculated OR was 1.98 (95% CI = 1.65 – 2.37; p < 0.00001; I2 = 10%), indicating that the determination of WL by EALs was almost twice as accurate in preflared canals. The accuracy of Root ZX in WL determination increases more than three times (OR = 3.25; p < 0.00001). Preflaring with Protaper files increases significantly the accuracy of EALs (OR = 1.76; p < 0.00001). The total risk of bias of the included studies was low. No obvious publication bias was observed. This study has several limitations. Six of the studies did not describe sample size calculation. Grey literature has not been searched. The files and the EALs used varied from study to study. *Conclusions.* The results indicate a significant increase in the accuracy of WL determination with EAL after preflaring, doubling the percentage of exact measurements. Preflaring should be recommended as an important step during mechanical enlargement of the root canal, not only because it improves the access of the files to the canal, but also because it allows to obtain more accurate electronic determinations of WL.

**Keywords:** cervical preflaring, coronal preflaring, electronic apex locator, preflaring, root canal treatment, working length.

## 1. Introduction

Initial passive exploration and scouting of the root-canal using small stainless steel K-files sizes 06 to 10 in a watch-winding movement, to appreciate the morphology and initial patency and its resistance to file penetration, should be the first step in root-canal shaping [1]. Then, to attain a smooth radicular tunnel from canal orifice to physiologic terminus (apical constriction), named glide path [2], is a second requirement in root-canal shaping. However, to ensure the safe use of rotary files [3], negotiation and the glide path

are not enough. A third operative step, preflaring, is also necessary [4]. Preflaring has been defined as a pre-enlargement of the root canal up to its terminus using hand files to a size at least equal to the first rotary instrument that will be used [3]. However, to reduce the risk of rotary file separation when engaging into the root canal, it is also necessary to pre-enlarge the coronal third of the canal [5]. This operating step is called coronal preflaring [6]. Coronal preflaring reduces the contact between the file and the dentin walls, minimizing the torsional stress on the rotary file. Moreover, coronal preflaring diminish the initial coronal curvature to gain a straight-line access to the middle and apical thirds of the canal [4], and allows, from the start of the treatment, better penetration of the irrigant solution towards the apical third [6].

On the other hand, exact determination of the working length (WL) is a paramount factor both for the correct instrumentation and for obturation of the canal, and for the long-term success of root-canal treatment [7]. The use of the electronic apex locators (EALs) as an aid to determine the WL may perform better than radiography alone [8]. The WL determined by EAL decreased as a result of canal preparation [9]. Some studies have shown that one of the operative steps affecting WL is coronal preflaring [4,9–11], with conflicting results. De Moor et al. (1999) found that coronal preflaring did not ensure better or more precise WL readings [10]. On the contrary, Dean Davis et al. (2002) reported that, when initial WL was determined after coronal preflaring, few changes in the final WL were observed [9]. In summary, it is not clear to what extent preflaring influences the accuracy of final working length determination with electronic apex locators.

The aim of this study was to conduct a systematic review and meta-analysis according to the following PICO question: In extracted human permanent teeth (P), does coronal preflaring (I), compared with unflared canals (C), influence the accuracy of final WL determination with EAL (O)?

## 2. Materials and Methods

This systematic review is reported using the PRISMA guidelines [12] and the PICO framework. The review was registered in PROSPERO (CRD42021243412).

### 2.1. Literature search strategy

The search process was performed independently by four examiners (M.L.-L, D.C.-B, J.J.S.-M, and J.J.S.-E). The electronic databases PubMed, Scopus, Dialnet, and Scielo were searched for articles published until 28 February 2021, without language, year restrictions or limits. Most cited descriptors in the previous publication on this theme were used in the electronic search strategy, using combining Medical Subject Heading (MeSH) terms and text word (tw). For each database, the following terms combinations were searched: (preflaring OR pericervical OR cervical enlargement) AND (root canal OR instrumentation OR cleaning and shaping OR endodontic treatment OR root-filled teeth OR root-filling OR obturation) AND (dentin OR dentine OR working length OR apical constriction). A complementary screening on the references of the selected studies was performed to find any additional study that did not appear in the primary database search.

### 2.2. Eligibility criteria

Studies that evaluated the accuracy of WL determination using EAL both in preflared and unflared root canals of extracted human teeth were included. The eligibility criteria were based on the PICOS strategy [13] (PRISMA-P 2016), as follows:

- Population (P): extracted human permanent teeth;
- Intervention (I): coronal preflaring of root canals;
- Comparison (C): unflared root-canals;
- Outcome (O): accuracy of WL determination using EAL;
- Study design (S): laboratory.

The following were excluded: reviews, letters, opinion articles, conference abstracts, studies performed in animals, studies performed in humans, studies that included artificial teeth and studies in which it was not possible to calculate and compare the accuracy of WL determination with EAL in preflared and unflared canals.

### 2.3. Study selection

Four authors (M.L.-L, D.C.-B, J.J.S.-M, and J.J.S.-E) independently selected the retrieved studies by examining the titles and abstracts. When the title and abstract did not allow to judge the study, the full text was accessed. A second stage consisted of reading the full texts and judging the potential studies to be included based on the eligibility criteria through the PICOS strategy. Disagreements on study inclusion were solved by consensus with a fifth author (J.M.-G.). Duplicated studies in the databases search were considered only once.

### 2.4. Data collection/extraction process

Four authors (M.L.-L, D.C.-B, J.J.S.-M, and J.J.S.-E.) collected the data independently from the included studies. A fifth author (J.M.-G) solved disagreements. Information regarding publication (author and publication year), study type, extracted teeth type, files used in coronal preflaring, the type of EAL used in the determination of WL, reference for WL accuracy, percentages of accuracy in pre-flared and unflared canals, and main result was extracted.

### 2.5. Quality assessment and risk of bias of individual studies

Each selected study was evaluated for inner methodological risk of bias independently by four authors (M.L.-L, D.C.-B, B.S.-D, and J.J.S.-E). Taking into account that all included studies were “ex vivo” laboratory studies, a quality assessment was adopted following SYRCLE [14] with adaptations used in previous systematic reviews [15,16]. The following parameters were considered: (i) sample size calculation, (ii) samples with similar dimensions, (iii) control group, (iv) standardization of coronal preflaring, (v) standardization of EAL accuracy assessment of WL determination, and (vi) statistical analysis. The blinding of the operator was not taken into account since the EAL type, file type and canals (unflared and preflared) are very different and allow the operator to identify the performed treatment. The parameters reported in original studies were scored dichotomously as (+) if present and (-) if missing. During the quality assessment, disagreements between authors were resolved through discussion with a fifth author (M.C.J.-S.). To assess the individual risk of bias, the articles were classified as having a low risk of bias if five or six items were reported, a moderate risk of bias if three or four items were reported, and a high risk of bias if only one or two parameters were reported. To assess the total risk of bias, the percentage of studies reporting each parameter was calculated, as well as the total percentage of the analyzed parameters that are reported in all the studies.

### 2.6. Outcome of interest

The outcome of interest was the accuracy of the electronic working length determination in both unflared and preflared canals. The outcome was dichotomized according to whether the coronal preflaring significantly influenced the accuracy of WL determination, assessed electronically, or not. The odds ratio was calculated as relative effect measure.

### 2.7. Data synthesis and statistical analysis

The primary outcome measure was the accuracy of WL determination using EAL. Odds ratio (OR), with its 95% confidence interval (CI), was calculated in every selected study to measure the effect of preflaring on WL determination using EAL. The meta-analysis was carried out on studies that provided data, or where it was possible to calculate

data, on the percentages of accuracy in WL determination with EAL in unflared and pre-flared canals. In some of the included studies, accuracy was calculated as the percentage of exact matches with the apical constriction, while in others a margin of  $\pm 0.5$  mm was allowed (Table 1). Studies that compared the accuracy of electronic WL determination but only reported data on means and standard deviations, not allowing accuracy calculation, were excluded.

Two subgroup analyses were performed. One including the studies using Protaper files for preflaring, and another grouping all studies using the Root ZX apex locator for WL determination.

The meta-analyses were calculated with the 5.4 RevMan software (Review Manager Web. The Cochrane Collaboration, 2019. Available at revman.cochrane.org). As studies did not conducted the assays using the same methodology, on the contrary, different types of preflaring files and EALs were used, inverse variance method with random effects was performed to determine the pooled OR and its 95% CI. Meta-analyses were represented with a forest plot [17].

To estimate the variance and heterogeneity amongst trials, the Tau2 and the Higgins I2 tests were employed, considering a slight heterogeneity if it is between 25 and 50%, moderate between 50 and 75%, and high if >75% [18]. The existence of statistical significance was assessed using the Z test (p-value < 0.05). A funnel plot was plotted to illustrate the possible existence of publication bias [19].

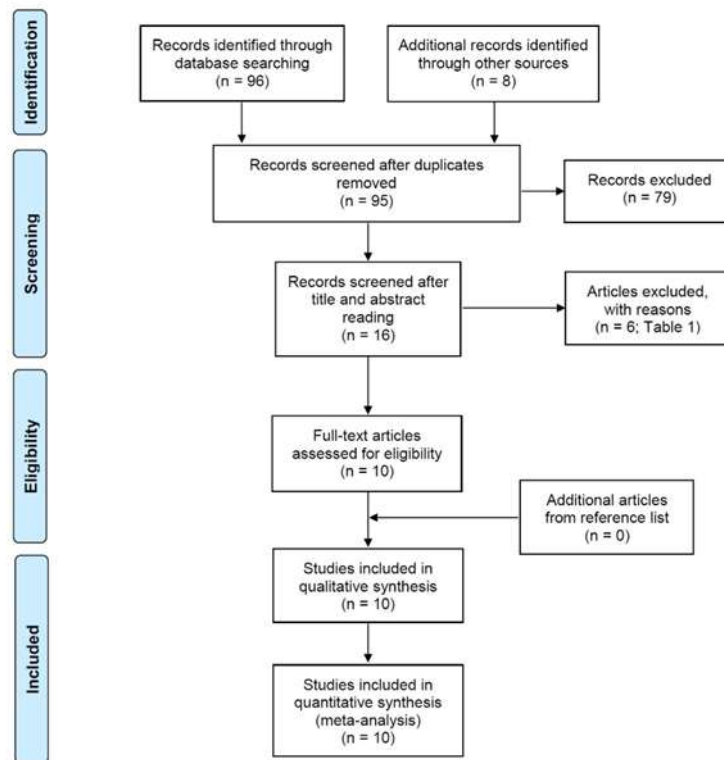
**Table 1.** Excluded studies and the respective reasons for each exclusion.

Exclusion reasons	Authors/year
Accuracy was not reported / cannot be determined	De Moor et al. 1999
	Tinaz et al. 2002
	Suryantoro et al. 2017
	Maniglia-Ferreira et al. 2017
EAL not used	Iqbal et al. 2013
	Kumar et al. 2013

### 3. Results

#### 3.1. Selection of the studies

The flow diagram of the search strategy is showed in figure 1. At first, the initial search resulted in 96 published studies from different databases, together with 8 additional studies identified through other sources. Nine studies were excluded as they were duplicates. Then, from 95 eligible papers, the analysis of titles and abstracts resulted in the inclusion of 16 studies of interest. The reason for the rejection of 79 articles were that did not match the inclusion criteria as they did not relate coronal preflaring with the EAL accuracy in the determination of the working length. After comprehensive reading, 10 full-text articles were selected for the systematic review and meta-analysis [20–29], and 6 articles were excluded for different reasons [10,30–34] (Table 1).



**Figure 1.** Flow diagram of the search strategy of the systematic review and meta-analysis following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Metaanalyses (PRISMA) guidelines.

3.2. Characteristics of the included studies

The data collected from the ten included studies are summarized in Table 2. All the included studies compared the accuracy of different EALs in WL determination in unflared and preflared teeth. Seven studies used Root ZX [20,21,23,25,26,28,29]. The most used instruments for preflaring were Protaper SX and S1 files [21,23,25,27,28], followed by LA Axxess burs [22,25]. Although all the included studies used similar methodologies when preparing preflared and unflared teeth and during WL determination with EALs, some considered as accurate the measurements of WL that exactly coincided with the apical constriction [20,21,23,24,26], and others took as accurate the measurements ± 0.5 mm from apical constriction [22,25,27–29]. The included studies used different types of teeth: incisors and canines [21,22,25,27,28], premolars [28] and molars [20,23,24,29].

**Table 2.** Summary of descriptive characteristics of included studies.

Authors/year	Extracted teeth used	Files used in preflaring	EAL used for WL	Reference for WL accuracy	Accuracy in unflared canals (%)	Accuracy in preflared canals (%)	Main result
Ibarrola et al. 1999	16 lower molars; 32 mesial canals (Weine III)	Profile .04 sizes 9 to 6	Root-ZX	Exact apical constriction	RZX - 18.8%	RZX - 43.8%	Preflaring increased significantly the accuracy of the WL determination with EAL (p = 0.015).
Camargo et al. 2009	40 lower incisors (Vertucci I)	Protaper SX Protaper S1	Root-ZX Edual MiniApex DSP	Exact apical constriction	RZX - 50% Edual- 47.5% MiniApex - 50% DSP - 45%	RZX-75% Edual-55% MiniApex-75% DSP-60%	Preflaring increased significantly the precision to determine the real WL with Root ZX and MiniApex (p



								> 0.05), but no significant difference was noted for Eudal and DSP (p>0.05).
Morgental et al. 2011	30 lower incisors	LA Axxess 20/06	Novapex MiniApex Locator ProPex II	± 0.5 mm from apical constriction	Novapex - 90% MiniApex - 87% Propex II - 83%	Novapex - 100% MiniApex - 100% Propex II - 90%		Preflaring increased the accuracy of MiniApex and Propex II (p<0.05), but no significant difference was noted for Novapex (p>0.05).
Brito-Junior et al. 2012	24 upper molars	Protaper SX Protaper S1	Novapex	Exact apical constriction	#10 - 75% #15 - 70% #20 - 80%	#10 - 80% #15 - 60% #20 - 70%		Coronal preflaring did not increase accuracy in the electronic measurements (p>0.05).
Brito-Junior et al. 2012	24 upper molars	Protaper SX Protaper S1	Root-ZX	Exact apical constriction	#10 - 65% #15 - 50% #20 - 70%	#10 - 80% #15 - 80% #20 - 80%		Coronal preflaring significantly increased accuracy in the electronic measurements (p<0.05).
Teixeira et al. 2012	25 lower molars; 50 canals	Gates-Glidden 4-3-2	Bingo1020	Exact apical constriction	Bingo1020 - 21%	Bingo1020 - 25%		Preflaring with Gates Glidden drills were not able to influence significantly the accuracy of apex locator in determining the exact working length (p>0.05).
Guimaraes et al. 2016	15 lower incisors (Vertucci I)	Protaper SX Protaper S1	Joypex5 MiniRZX	± 0.5 mm from apical constriction	Joypex5 - 80% MiniRZX - 80%	Joypex5 - 100% MiniRZX - 100%		Both EALs presented higher percentage of exact measurements after preflaring, but differences were not significant (p>0.05).
Guimaraes et al. 2016	15 lower incisors (Vertucci I)	LA Axxess 20/06	Joypex5 MiniRZX	± 0.5 mm from apical constriction	Joypex - 46.6% MiniRZX - 60%	Joypex - 93.3% MiniRZX - 86.6%		Cervical preparation with LA-Axxes increased the accuracy of the EAL Joypex (p = 0.01), but not of the MiniRZX (p > 0.05).
Vasconcelos et al. 2016	26 lower molars (Vertucci IV); 52 canals	WaveOne Primary	Root ZX II	Exact apical constriction	RootZX II - 7.7%	RootZX II - 15.4%		The accuracy of Root ZX II presented no change considering the

								time interval when the electronic measurement was made. (p>0.05)
Ferreira et al. 2019	40 upper anterior teeth (Vertucci I).	Protaper SX	Propex Pixi	± 0.5 mm from apical constriction	SS files 10mm - 41.7% 15mm - 39.1% 20mm - 45.9%	SS files 10mm - 53.4% 15mm - 58.3% 20mm - 60.8%		Preflaring procedures increase the accuracy of Propex Pixi regardless of the size of the SS file (p<0.05).
Ferreira et al. 2019	40 upper anterior teeth (Vertucci I).	Protaper SX	Propex Pixi	± 0.5 mm from apical constriction	NiTi files 10mm - 45% 15mm - 45% 20mm - 49.2%	NiTi files 10mm - 60% 15mm - 50.8% 20mm - 57.5%		Preflaring procedures increase the accuracy of Propex Pixi regardless of the size of the NiTi file (p<0.05).
Javanmardi et al. 2020	47 teeth (11 incisors, 10 canines and 26 premolars); 60 canals in total	Protaper SX	Root ZX II	± 0.5 mm from apical constriction	RootZX – 63.3%	Root ZX - 93.3%		Preflaring increases the accuracy of RZX in the determination of WL (p<0.001).
Javanmardi et al. 2020	47 teeth (11 incisors, 10 canines and 26 premolars); 60 canals	Protaper SX	MiniApex Locator	± 0.5 mm from apical constriction	MiniApex - 90%	MiniApex - 96.6%		Preflaring does not increase the accuracy of MiniApex Locator in the determination of WL (p=0.293).
Melo et al. 2020	20 lower molars (Vertucci IV)	Prodesign Logic 25/.06	Root ZX II Raypex 6 RomiApex A-15	± 0.5 mm from apical constriction	Root ZX - 20% Raypex 6 - 25% RomiApex - 25%	Root ZX - 40% Raypex 6 - 42.5% RomiApex - 50%		It was observed an improvement in the accuracy of EALs after conventional coronal preflaring enlargement (p<0.05).
Melo et al. 2020	20 lower molars (Vertucci IV)	HyFlex EDM 25/.12	Root ZX II Raypex 6 RomiApex	± 0.5 mm from apical constriction	Root ZX II - 20% Raypex 6 - 25% RomiApex - 25%	Root ZX II - 55% Raypex 6 - 57.5% RomiApex - 70%		It was observed an improvement in the accuracy of EALs after conventional coronal preflaring enlargement (p<0.05)

Most of the studies found that preflaring increased the accuracy of the EALs by determining the WL, although the differences between the accuracy in unflared and preflared canals were not always significant. Ibarrola et al. (1999) found that preflaring increased significantly the accuracy of the WL determination with Root ZX (p = 0.015). Camargo et al. (2009) reported that preflaring increased significantly the precision to determine the real WL with Root ZX and the MiniApex Locator (p > 0.05), but they noted no significant difference for Eual and DSP (p > 0.05). Morgental et al. (2011) also found that preflaring increased the accuracy of MiniApex and Propex II (p < 0.05), but they did not observe significant differences with Novapex (p>0.05). Brito-Junior et al. (2012), using Root ZX and different size of files (#10, #15, and #20 K-files), found statistically significant accurate electronic measurements of WL in the pre-flared canals (p < 0.05), but they did

190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200

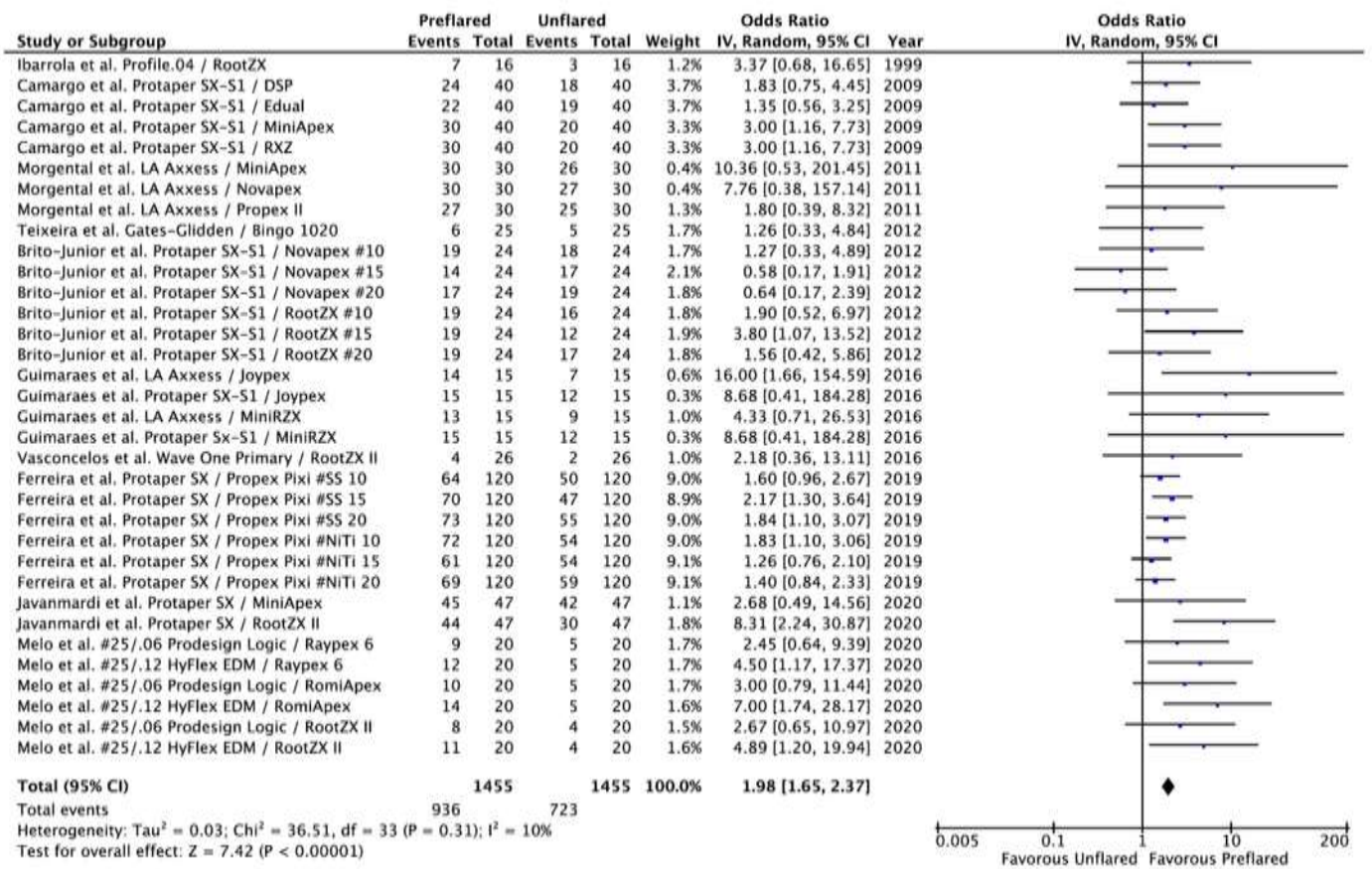
not find significant difference using Novapex ( $p > 0.05$ ). Teixeira et al. (2012), reported that coronal preflaring with Gates Glidden burs did not significantly influence the accuracy in determining the actual WL using Bingo1020 ( $p > 0.05$ ). Guimaraes et al. (2016) used Protaper SX and S1 to perform coronal preflaring, finding higher percentage of exact measurements using Joypex5 and MiniRoot ZX in preflared teeth, but differences with unflared teeth were not significant ( $p > 0.05$ ). When cervical preparation was performed with LA-Axxess bur, they found increased accuracy of WL determination with Joypex5 ( $p = 0.01$ ), but not with MiniRZX ( $p > 0.05$ ). Vasconcelos et al. (2016) found no significant change in the accuracy of Root ZX II in unflared and preflared canals with WaveOne Primary ( $p > 0.05$ ). Ferreira et al. (2019) performed coronal preflaring with Protaper SX, reporting a significant increase in the accuracy of Propex Pixi both using stainless steel or nickel titanium files to determine the WL ( $p > 0.05$ ). Javanmardi et al. (2020) also used Protaper SX to perform coronal preflaring, finding an increase in the accuracy of RZX in the determination of WL ( $p < 0.001$ ), but not in the accuracy of MiniApex Locator ( $p = 0.293$ ). Finally, Melo et al. (2020) have investigated the influence of different coronal preflaring protocols (absent, conservative [#25/.06 file], and conventional [#25/.12 file]) on the accuracy of Root ZX II, Raypex 6, and RomiApex A-15. ( $p < 0.05$ ). They observed an improvement in the accuracy of EALs both after conservative and conventional coronal preflaring protocols ( $p < 0.05$ ).

### 3.3. Outcomes of the primary meta-analysis and publication bias

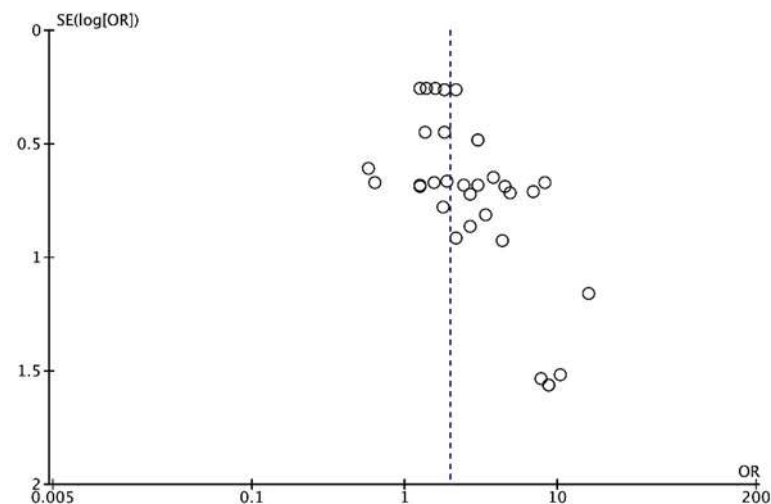
To carry out the meta-analysis, the results of several of the included studies were divided into sections according to the number of EAL used and the type of files with which the preflaring was carried out. Therefore, the results of the studies of Ibarrola et al. (1999), Teixeira et al. (2012) and Vasconcelos et al. (2016) were only included once, because they only used one type of EAL and one type of file for preflaring. On the contrary, from the study of Javanmardi et al. (2020) were included two results, from the study of Morgental et al. (2011) three results, from the studies of Camargo et al. (2009) and Guimaraes et al. (2016) four results, and from the studies of Brito-Junior et al. (2012), Ferreira et al. (2019), and Melo et al. (2020) six results each one. In total, 34 results were included in the meta-analysis, including 2890 electronic determinations of working length, half in unflared canals and the other half in preflared canals.

The estimated variance among all results was examined by Tau2 test, resulting not significant (Tau2 = 0.03; Chi2 = 36.5; df = 33;  $p = 0.31$ ). Heterogeneity test value (I2 = 10%) was low, however the weights were calculated using the random effects model, considering there was variation among the included studies and allowing the study outcomes to vary in a normal distribution. Overall OR was 1.98 (95% CI = 1.65 – 2.37;  $p < 0.00001$ ), indicating that the determination of WL by EALs was significantly more accurate in preflared canals compared to unflared canals. The ORs for the 34 results of the ten included studies and the pooled OR from the meta-analysis are shown in a forest plot (Figure 2).

Figure 3 shows a funnel plot of the eligible studies. The eligible articles are distributed evenly around the vertical line that indicates the summary estimate, and studies with higher power and lower standard error are plotted towards the top and low powered studies are placed near the bottom. No obvious publication bias was observed.



**Figure 2.** Forest plot of ORs and 95% confidence limits (CL) for the comparison of unflared and preflared canals regarding the accuracy of electronic apex locators (EALs) in working length (WL) determination. Overall estimate is based on the data from the ten included studies. Black squares represent the point estimate of the odds ratio and have areas proportional to study size. Lines represent 95% confidence intervals. The diamond shows the summary statistic for the 34 results from the ten included studies. The solid line indicates an odds ratio of 1.0. OR: odds ratio.

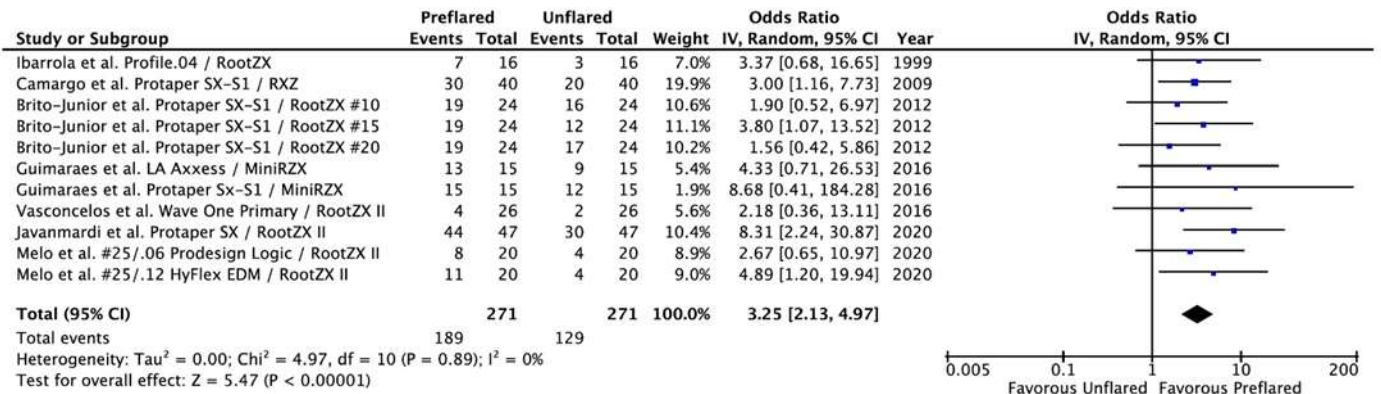


**Figure 3.** Funnel plot. Each dot indicates a result of the 34 results from the ten included studies. The y axis represents the standard error (SE) of the OR, and the x-axis represents the OR calculated in the meta-analysis.

### 3.4. Additional analysis

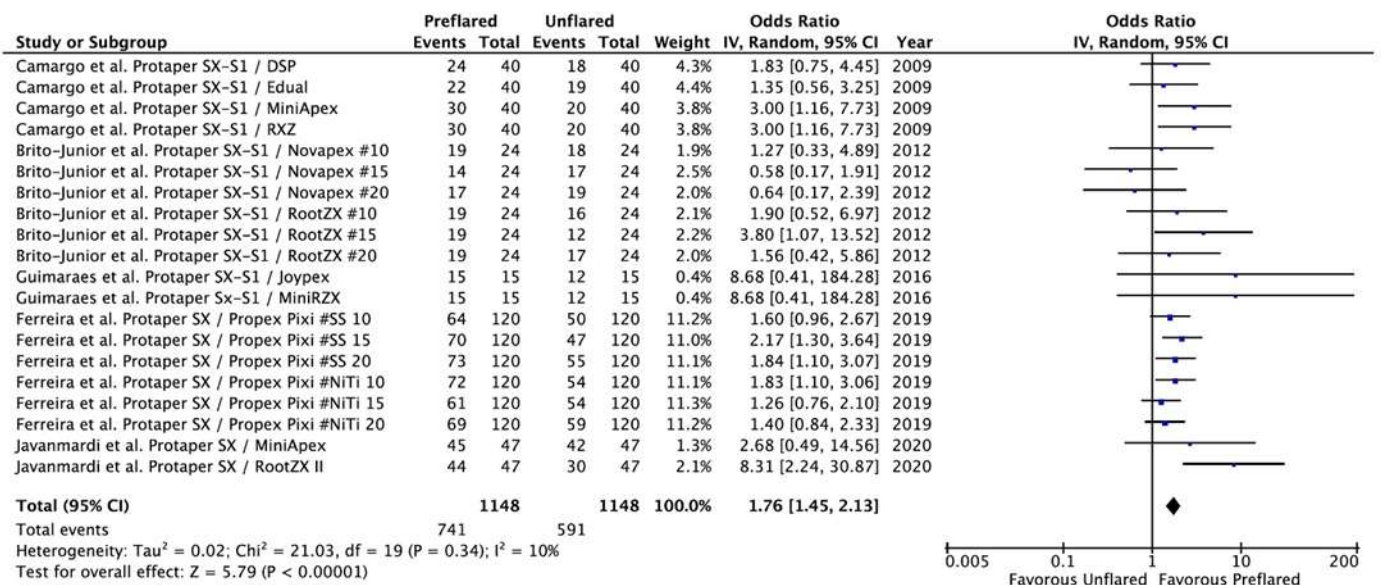
Considering that Root ZX was the most used EAL in the included studies, a meta-analysis, also using the inverse variance with random effects model, was carried out

including only the results of the Root ZX [20,21,23,25,26,28,29]. The result of Tau2 test was not significant ( $p = 0.89$ ), with 0% of heterogeneity. Calculated overall OR was 3.25 (95% CI = 2.13 – 4.97;  $p < 0.00001$ ), indicating that the accuracy of Root ZX for WL determination increases significantly, more than three times, in preflared canals (Figure 4).



**Figure 4.** Forest plot of ORs and 95% confidence limits (CL) for the comparison of unflared and preflared canals regarding the accuracy of Root ZX in working length (WL) determination. Overall estimate is based on the data from the seven included studies. Black squares represent the point estimate of the odds ratio and have areas proportional to study size. Lines represent 95% confidence intervals. The diamond shows the summary statistic for the 11 results from the seven included studies. The solid line indicates an odds ratio of 1.0. OR: odds ratio.

Since Protaper files, SX and S1, were the most used for coronal preflaring in the included studies, a new meta-analysis, using the same model, was carried out including only the results of the 5 studies that performed preflaring with Protaper files [21,23,25,27,28]. Tau2 test was not significant ( $p = 0.34$ ), and heterogeneity was 10%. Calculated overall OR was 1.76 (95% CI = 1.45 - 2.13;  $p < 0.00001$ ), indicating that coronal preflaring of canals using Protaper Sx and S1 increases significantly the accuracy of EALs in the termination of WL (Figure 5).



**Figure 5.** Forest plot of ORs and 95% confidence limits (CL) for the comparison of unflared and preflared canals using Protaper SX and S1 files regarding the accuracy of EALs in working length (WL) determination. Overall estimate is based on the data from the seven included studies. Black squares represent the point estimate of the odds ratio and have areas proportional to study size. Lines represent 95% confidence intervals. The diamond shows the summary statistic for the 20 results from the five included studies. The solid line indicates an odds ratio of 1.0. OR: odds ratio.



3.5. Quality assessment and risk of bias

The methodological quality and the risk of bias of each study were assessed (Figure 6). According to the parameters considered in the analysis, three of the included studies presented moderate risk of bias [20,21,25], three other reported five of the six analyzed parameters [22,23,28], being classified as low risk of bias, and the remaining 4 studies [24,26,27,29] reported all the analyzed parameters, therefore, they were also considered as low risk of bias. In the present analysis, four of the six parameters assessed (samples with similar dimensions, control group (unflared), standardization of coronal preflaring, and standardization of EAL accuracy assessment of WL determination) were reported in all the included studies. The total percentage of parameters reported in the 10 included studies was 85%, indicating a low total risk of bias.

	Sample size calculation	Samples with similar dimensions	Control group(unflared)	Standardizationof coronal preflaring	Standardization of EAL accuracy assessment of WL determination	Statistical analysis carried out	Reported parameters. Individual risk of bias
Brito-Junior et al. (2012)	+	+	+	+	+	+	5 Low
Camargo et al. (2009)	+	+	+	+	+	-	4 Moderate
Ferreira et al. (2019)	+	+	+	+	+	+	6 Low
Guimaraes et al. (2016)	+	+	+	+	+	-	4 Moderate
Ibarrola et al. (1999)	+	+	+	+	+	-	4 Moderate
Javanmardi et al. (2020)	+	+	+	+	+	+	5 Low
Melo et al. (2020)	+	+	+	+	+	+	6 Low
Morgental et al. (2011)	+	+	+	+	+	+	5 Low
Teixeira et al. (2012)	+	+	+	+	+	+	6 Low
Vasconcelos et al. (2016)	+	+	+	+	+	+	6 Low
TOTAL	40%	100%	100%	100%	100%	70%	85%

Figure 6. Quality assessment of included studies according to SYRCLE’s risk of bias tool [14], a RoB tool for animal intervention studies based on the Cochrane Collaboration RoB Tool [35].

4. Discussion

The present study aimed to analyze the influence of coronal preflaring on the accuracy of electronic WL determination. The results of the systematic review and meta-

analysis carried out, including the available evidence comparing the accuracy of EALs in unflared and preflared root canals, conclude that preflaring increases the accuracy of EALs doubling the percentage of exact values. To our knowledge, this is the first systematic review analyzing the influence of coronal preflaring in the accuracy of WL determination with EALs, topic that had not been investigated so far by meta-analysis. Thus, the result of the present study fill this knowledge gap and should be considered very relevant in root canal treatment protocol.

Considering that Root ZX was the most used EAL in the studies included in the meta-analysis [20,21,23,25,26,28,29], the inverse of variance method with random effects was also used to calculate the overall OR for the effect of the coronal preflaring in the accuracy of Root ZX. The result (OR = 3.25; 95% CI = 2.13 – 4.97;  $p < 0.00001$ ), indicated that the accuracy of Root ZX for WL determination increases more than three times after preflaring.

#### 4.1. Implications for practice and research

The results of this meta-analysis have very important implications for the daily dental clinic. Certainly, coronal preflaring is well known as an important operative maneuver to achieve the so-called straight-line approach to the canal orifice and its first curvature [4]. This minimizes the errors during subsequent treatment procedures. However, after the results of the present study, preflaring should also be considered an important step to accurately determine the WL using EALs. Therefore, the present results should be taken into account during mechanical enlargement of the root canal, knowing that coronal preflaring will not only improve the access of the files to the canal, but it will also help to achieve a more accurate electronic WL determination.

#### 4.2. Quality assessment

After the literature search, ten studies met the inclusion criteria and provided data about the accuracy of EALs in unflared and preflared canals were included [20–29], including a very high number of measurements: 1445 electronic determinations of WL in unflared canals and another 1445 in preflared canals. All included articles reported "ex vivo" studies performed in the laboratory using human extracted teeth. Therefore, to assess their methodological quality, the SYRCLE's risk of bias tool [14] has been taken as a reference, with adaptations [16]. SYRCLE is a RoB tool for animal intervention studies based on the Cochrane Collaboration RoB Tool [35]. SYRCLE contains entries related to selection bias, performance bias, detection bias, attrition bias, reporting bias and other biases. The adaptation for the present systematic review considered six parameters: (i) sample size calculation, (ii) samples with similar dimensions, (iii) control group, (iv) standardization of coronal preflaring, (v) standardization of EAL accuracy assessment of WL determination, and (vi) statistical analysis. Seven of the included studies (Morgental et al. 2011, Brito-Júnior et al. 2012, Teixeira et al. 2012, Vasconcelos et al. 2016, Ferreira et al. 2019, Melo et al. 2020, Javanmardi et al. 2020) presented low risk of bias, and only three [20,21,25] moderate risk of bias. Moreover, of the six parameters used to assess the risk of bias, the 10 included studies reported adequately 85%, indicating a low total risk of bias. No obvious publication bias was observed. Therefore, there is a lot of confidence that the true effect is similar to the estimated effect, i.e. that coronal preflaring increases the accuracy of EALs.

Regarding the meta-analysis, although the heterogeneity of the studies was very low ( $I^2 = 10\%$ ), taking into account that the included studies used different types of preflaring files and EALs, the inverse variance method with random effects was performed. The overall OR value obtained was 1.98 (95% CI = 1.65 – 2.37;  $p < 0.00001$ ), indicating that the determination of WL by EALs was significantly more accurate in preflared canals compared to unflared canals.

#### 4.3. Strength and limitations

Among the strengths of this systematic review and meta-analysis, one is the use of the random-effects model. This model explicitly accounts for the heterogeneity of studies through a statistical parameter representing the inter-study variation [36]. The random-effects model assumes that the true effect size may or may not vary from study to study, i.e. there is a distribution of true effects. The overall effect is an estimate of that distribution's mean. Therefore, the result of the present study indicates that preflaring actually improves the precision of the EALs to determine the WL. Furthermore, the high number of electronic WL measurements included in the meta-analysis (2890) and the overall low risk of bias can also be considered strengths of this systematic review and meta-analysis.

However, the present systematic review have also several limitations. One of them refers to the fact that six of the included studies did not include sample size calculation in their methodology [20–23,25,28], with high risk of bias in this issue. Another limitation of the present study is that grey literature has not been systematically searched, although all the references of the included articles were analyzed, including articles in Spanish and Portuguese. A key point in the topic analyzed in this systematic review is the performance of the coronal preflaring. The number and taper of the file used in preflaring may influence the enlargement of the coronal portion of the canal. The fact that the files used to perform the coronal enlargement are different in each study could also be considered a limitation. Among the files used for coronal preflaring, Protaper SX and S1 had the smallest number and taper, being used in five studies [21,23,25,27,28]. The calculated overall OR for these five studies was 1.76 ( $p < 0.00001$ ), a value lower than the overall OR calculated for the 10 studies. This is consistent with the fact that the other 5 studies included in the review used larger files and greater taper, such as LA Axxess (20/.06) [22,25], or Prodesign Logic (25/.06) and HyFlex EDM (25/.12) [29]. Finally, another limitation of the present systematic review is that the included studies used different criteria to determine the accuracy of the electronic WL. Some studies considered as accurate the measurements of WL that exactly coincided with the apical constriction [20,21,23,24,26], and others took as accurate the measurements  $\pm 0.5$  mm from apical constriction [22,25,27–29]. However, in all studies the accuracy of the measurement was determined in preflared and unflared canals.

## 5. Conclusions

The results of the available studies indicate a significant increase in the accuracy of WL determination with EAL after coronal preflaring, doubling the percentage of exact measurements. Therefore, coronal preflaring should be recommended as an important step during mechanical enlargement of the root canal, not only because it improves the access of the files to the canal, but also because it allows to obtain more accurate electronic determinations of WL.

**Author Contributions:** All authors have reviewed and approved the submitted version. The authors declare: "Conceptualization, J.M.-G, D.C.-B & J.J.S.-E; Methodology and Software, D.C.-B; B.S.-D, & J.J.S.-E; Validation, J.J.S.-E, J.M.-G, D.C.-B, & M.C.J.-S ; Formal Analysis, M.C.J.-S & D.C.-B; Investigation, V.A.-Q, J.J.S.-M, B.S.-D, & J.J.S.-E; Data Curation, J.J.S.-E, J.M.-G & D.C.-B; Writing - Original Draft Preparation, J.J.S.-S & D.C.-B; Writing - Review & Editing, D.C.-B, J.M.-G, & J.J.S.-E; Visualization, V.A.-Q, J.J.S.-M, B.S.-D. & J.J.S.-E.; Supervision, J.J.S.E. & J.M.G.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** Not applicable.

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

**Acknowledgments:** María León López is research fellow supported by Spanish Ministerio de Educación y Formación Profesional (collaboration grant 2020-21); Daniel Cabanillas-Balsera is research fellow supported by Spanish Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (Programa Nacional de Formación de Profesorado Universitario, FPU); Victoria Areal-Quecuty is research fellow supported by the University of Sevilla (Beca de Personal Investigador en Formación, PIF).



**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

- Buchanan, L.S. Cleaning and shaping the root canal system: negotiating canals to the termini. *Dent. Today* **1994**, *13*, 76, 78–81.
- West, J.D. The endodontic glidepath: Secret to rotary safety. *Dent. Today* **2010**, *29*, 86–93.
- Roland, D.D.; Andelin, W.E.; Browning, D.F.; Hsu, G.H.R.; Torabinejad, M. The effect of preflaring on the rates of separation for 0.04 taper nickel titanium rotary instruments. *J. Endod.* **2002**, *28*, 543–545, doi:10.1097/00004770-200207000-00015.
- Plotino, G.; Nagendrababu, V.; Bukiet, F.; Grande, N.M.; Veettil, S.K.; De-Deus, G.; Aly Ahmed, H.M. Influence of Negotiation, Glide Path, and Preflaring Procedures on Root Canal Shaping—Terminology, Basic Concepts, and a Systematic Review. *J. Endod.* **2020**, *46*, 707–729, doi:10.1016/j.joen.2020.01.023.
- Plotino, G.; Grande, N.M.; Falanga, A.; Di Giuseppe, I.L.; Lamorgese, V.; Somma, F. Dentine removal in the coronal portion of root canals following two preparation techniques. *Int. Endod. J.* **2007**, *40*, 852–858, doi:10.1111/j.1365-2591.2007.01284.x.
- Tan, B.T.; Messer, H.H. The effect of instrument type and preflaring on apical file size determination. *Int. Endod. J.* **2002**, *35*, 752–758, doi:10.1046/j.1365-2591.2002.00562.x.
- Martins, J.N.R.; Marques, D.; Mata, A.; Caramês, J. Clinical efficacy of electronic apex locators: Systematic review. *J. Endod.* **2014**, *40*, 759–777.
- Mello, I. Use of electronic apex locators may improve determination of working length. *Evid. Based. Dent.* **2014**, *15*, 120.
- Dean Davis, R.; Gordon Marshal, J.; Craig Baumgartne, J. Effect of early coronal flaring on working length change in curved canals using rotary nickel-titanium versus stainless steel instruments. *J. Endod.* **2002**, *28*, 438–442, doi:10.1097/00004770-200206000-00005.
- De Moor, R.J.G.; Hommez, G.M.G.; Martens, L.C.; De Boever, J.G. Accuracy of four electronic apex locators: An in vitro evaluation. *Dent. Traumatol.* **1999**, *15*, 77–82, doi:10.1111/j.1600-9657.1999.tb00758.x.
- Schroeder, K.P.; Walton, R.E.; Rivera, E.M. Straight line access and coronal flaring: Effect on canal length. *J. Endod.* **2002**, *28*, 474–476, doi:10.1097/00004770-200206000-00015.
- Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D.G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *BMJ* **2009**, *339*, 332–336.
- Moher, D.; Shamseer, L.; Clarke, M.; Ghersi, D.; Liberati, A.; Petticrew, M.; Shekelle, P.; Stewart, L.A.; Estarli, M.; Barrera, E.S.A.; et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Rev. Esp. Nutr. Humana y Diet.* **2016**, *20*, 148–160, doi:10.1186/2046-4053-4-1.
- Hooijmans, C.R.; Rovers, M.M.; De Vries, R.B.M.; Leenaars, M.; Ritskes-Hoitinga, M.; Langendam, M.W. SYRCLE’s risk of bias tool for animal studies. *BMC Med. Res. Methodol.* **2014**, *14*, doi:10.1186/1471-2288-14-43.
- Silva, E.J.N.L.; Rover, G.; Belladonna, F.G.; De-Deus, G.; da Silveira Teixeira, C.; da Silva Fidalgo, T.K. Impact of contracted endodontic cavities on fracture resistance of endodontically treated teeth: a systematic review of in vitro studies. *Clin. Oral Investig.* **2018**, *22*, 109–118.
- Silva, E.J.N.L.; Prado, M.C.; Soares, D.N.; Hecksher, F.; Martins, J.N.R.; Fidalgo, T.K.S. The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review. *Int. Endod. J.* **2020**, *53*, 317–332.
- Lewis, S.; Clarke, M. Forest plots: trying to see the wood and the trees. *BMJ* **2001**, *322*, 1479–1480, doi:10.1136/bmj.322.7300.1479.
- Higgins, J.P.T.; Thompson, S.G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Stat. Med.* **2002**, *21*, 1539–1558, doi:10.1002/sim.1186.
- Sterne, J.A.C.; Egger, M. Funnel plots for detecting bias in meta-analysis: Guidelines on choice of axis. *J. Clin. Epidemiol.* **2001**, *54*, 1046–1055, doi:10.1016/S0895-4356(01)00377-8.
- Ibarrola, J.L.; Chapman, B.L.; Howard, J.H.; Knowles, K.I.; Ludlow, M.O. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. *J. Endod.* **1999**, *25*, 625–626, doi:10.1016/S0099-2399(99)80323-9.
- de Camargo, É.J.; Zapata, R.O.; Medeiros, P.L.; Bramante, C.M.; Bernardineli, N.; Garcia, R.B.; de Moraes, I.G.; Duarte, M.A.H. Influence of Preflaring on the Accuracy of Length Determination With Four Electronic Apex Locators. *J. Endod.* **2009**, *35*, 1300–1302, doi:10.1016/j.joen.2009.05.030.
- Morgental, R.D.; Vier-Pelisser, F.V.; Luisi, S.B.; Cogo, D.M.; Kopper, P.M.P. Preflaring effects on the accuracy of three electronic apex locators. *Rev. Odonto Cienc.* **2011**, *26*, 331–335, doi:10.1590/S1980-65232011000400010.
- Brito-Júnior, M.; Camilo, C.C.; Moreira-Júnior, G.; Pecora, J.D.; Sousa-Neto, M.D. Effect of pre-flaring and file size on the accuracy of two electronic apex locators. *J. Appl. Oral Sci.* **2012**, *20*, 538–543, doi:10.1590/S1678-77572012000500008.
- Teixeira, J.M. da S.; Barcellos, M.B.; Pinho, M.A. de B.; Barbosa, C.A. de M.; Fidel, R.A.S.; Fidel, S.R. Effectiveness of an electronic apex locator used after preflaring of cervical and middle third. *Rsbo* **2012**, *9*, 158–162.
- Guimarães, B.M.; Tartari, T.; Fernandes, S.L.; Ferracioli Oda, D.; Bramante, C.M.; Antonio, M.; Duarte, H. Influence of the instrument used for cervical preflaring on the precision of 2 Eletronic Apex Locators Influência do instrumento utilizado no preparo cervical na precisão de 2 localizadores apicais eletrônicos. **2016**, *64*, 382–386.
- Vasconcelos, B.C.; Bastos, L.M.; Oliveira, A.S.; Bernardes, R.A.; Duarte, M.A.H.; Vivacqua-Gomes, N.; Vivan, R.R. Changes in Root Canal Length Determined during Mechanical Preparation Stages and Their Relationship with the Accuracy of Root ZX II. *J. Endod.* **2016**, *42*, 1683–1686, doi:10.1016/j.joen.2016.07.022.

- 
27. Ferreira, I.; Braga, A.C.; Pina-Vaz, I. The precision of PropEX Pixi with different instruments and coronal preflaring procedures. *Eur. Endod. J.* **2019**, *4*, 75–79, doi:10.14744/ej.2019.52724. 457  
458
  28. Javanmardi, S.; Gh, M.; M, A.O.; Zeinalddin, M. Accuracy of Two Different Electronic Apex Locators in Treatment and Re-Treatment Cases : An Ex-Vivo Study. **2020**, *4*, 40–46, doi:10.31080/ASDS.2020.04.accuracy-of-two-different-electronic-apex-locators-in-treatment-and-re-treatment-cases-an-ex-vivo-study. 459  
460  
461
  29. Melo, A.M.; Vivacqua-Gomes, N.; Bernardes, R.A.; Vivan, R.R.; Duarte, M.A.H.; de Vasconcelos, B.C. Influence of different coronal preflaring protocols on electronic foramen locators precision. *Braz. Dent. J.* **2020**, *31*, 404–408, doi:10.1590/0103-6440202003282. 462  
463  
464
  30. Tinaz, A.C.; Maden, M.; Aydin, C.; Türköz, E. The accuracy of three different electronic root canal measuring devices: an in vitro evaluation. *J. Oral Sci.* **2002**, *44*, 91–95, doi:10.2334/josnurd.44.91. 465  
466
  31. Iqbal, A.; Akbar, I.; Al-Omiri, M.K. An in vivo study to determine the effects of early preflaring on the working length in curved mesial canals of mandibular molars. *J. Contemp. Dent. Pract.* **2013**, *14*, 163–167, doi:10.5005/jp-journals-10024-1293. 467  
468
  32. Kumar, R.; Khambete, N.; Patil, S.; Medha, A.; Shetty, R.; Hoshing, U. Working length changes in curved canals after coronal flaring by using rotary files and hand file: An in vitro study. *J. Conserv. Dent.* **2013**, *16*, 399, doi:10.4103/0972-0707.117489. 469  
470
  33. Suryantoro, R.; Meidyawati, R.; Suprastiwi, E. The effect of coronal preflaring on the accuracy of two electronic apex locators. *J. Phys. Conf. Ser.* **2017**, *884*, doi:10.1088/1742-6596/884/1/012059. 471  
472
  34. Maniglia-Ferreira, C.; Gomes, F. de A.; Ximenes, T.; Neto, M.A.T.; Arruda, T.E.; Ribamar, G.G.; Herculano, L.F.G. Influence of reuse and cervical preflaring on the fracture strength of reciprocating instruments. *Eur. J. Dent.* **2017**, *11*, 41–47, doi:10.4103/ejd.ejd\_272\_16. 473  
474  
475
  35. Higgins, J.P.T.; Altman, D.G.; Gøtzsche, P.C.; Jüni, P.; Moher, D.; Oxman, A.D.; Savović, J.; Schulz, K.F.; Weeks, L.; Sterne, J.A.C. The Cochrane Collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ* **2011**, *343*, doi:10.1136/bmj.d5928. 476  
477
  36. DerSimonian, R.; Kacker, R. Random-effects model for meta-analysis of clinical trials: An update. *Contemp. Clin. Trials* **2007**, *28*, 105–114, doi:10.1016/j.cct.2006.04.004. 478  
479  
480